



ЦИФРОВАЯ ГЕОГРАФИЯ

Сборник материалов II Всероссийской
научно-практической конференции
с международным участием



Пермь, 25-28 сентября 2024 года

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
общеобразовательное учреждение высшего образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ЦИФРОВАЯ ГЕОГРАФИЯ

DIGITAL GEOGRAPHY

Материалы II Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием
(г. Пермь, ПГНИУ, 25–28 сентября 2024 г.)

Proceedings of the II All-Russian scientific-practical conference
with international participation
(Perm, PSU, September 25–28, 2024)



Пермь 2024

УДК 911.3/3:528.9
ББК 28.5+26.1
Ц752

Ц752 **Цифровая** география = Digital geography [Электронный ресурс] : материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (г. Пермь, ПГНИУ, 25–28 сентября 2024 г.) / под научн. ред. А. А. Зайцева, М. А. Алёшина, А. П. Белоусовой ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2024. – 16,97 Мб ; 464 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/cifrovaya-geografiya.pdf>. – Заглавие с экрана.

ISBN 978-5-7944-4213-7

В сборнике рассматриваются вопросы использования данных дистанционного зондирования Земли при изучении различных природных процессов, объектов и явлений; теоретические и методические аспекты геоинформационного обеспечения и инфраструктуры пространственных данных при решении задач устойчивого развития и рационального природопользования. Особое внимание уделено решению водно-экологических, геоморфологических, метеорологических проблем, опыту разработки веб-картографических сервисов.

The collection deals with the questions of use of remote sensing data in the study of various natural processes, objects and phenomena; theoretical and methodical aspects of geoinformation support and spatial data infrastructure in solving problems of sustainable development and rational nature management. Particular attention is paid to the solution of water-ecological, geomorphological, meteorological problems, the experience of developing web cartographic services.

УДК 911.3/3:528.9
ББК 28.5+26.1

*Издается по решению кафедры физической географии и ландшафтной экологии
Пермского государственного национального исследовательского университета*

Конференция посвящена 65-летию со дня основания географического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета.

Издание осуществлено при поддержке Дирекции межвузовского кампуса «Будущее Пармы» и Министерства образования и науки Пермского края.

Научные редакторы: А. А. Зайцев, М. А. Алёшин, А. П. Белоусова
Scientific editors: A. A. Zajcev, M. A. Alyoshin, A. P. Belousova

Рецензенты: д-р геогр. наук, заведующая Кунгурской лабораторией-стационаром Горного института УрО РАН **О. И. Кадебская;**

д-р биол. наук, главный научный сотрудник лаборатории географической сети опытов и цифровых агротехнологий Всероссийского исследовательского института агрохимии имени Д. Н. Прянишникова **Л. С. Шарая**

ISBN 978-5-7944-4213-7

© ПГНИУ, 2024

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ В ИЗУЧЕНИИ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ, ОБЪЕКТОВ И ЯВЛЕНИЙ

УДК 911

Ш.С. Аманова

Научно-исследовательский институт земледелия, Баку, Азербайджан

РОЛЬ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ИЗУЧЕНИИ КЛИМАТА ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТОВ

В статье на основе космических снимков проанализированы климатические условия городов, расположенных на Кура-Аразской равнине. В это время использовались материалы дистанционного зондирования. Установлено, что температурные условия изменились за многие годы.

Ключевые слова: города, дистанционное зондирование, температура, спутниковые снимки

Sh.S. Amanova

Scientific Research Institute of Crop Husbandry, Baku, Azerbaijan

THE ROLE OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS IN STUDYING THE CLIMATE OF URBAN LANDSCAPE

The article, based on satellite images, analyzes the climatic conditions of cities located on the Kura-Araz Plain. At this time, remote sensing materials were used. It has been established that temperature conditions have changed over the years.

Keywords: cities, remote sensing, temperature, satellite images

Развитие городов может создавать различные экологические проблемы не только в их границах, но и в окружающих ландшафтах. Развитие городов, в частности, приводит к созданию городских островов тепла. Городской остров тепла возникает, когда в городе температура выше, чем в близлежащих сельских районах. Некоторые из факторов, вызывающих остров тепла:

1. Асфальтированные и водонепроницаемые поверхности. Поверхности с твердым покрытием, такие как дороги и парковки, могут поглощать солнечное излучение в виде тепла. Эти поверхности обычно непроницаемы, а это означает, что стоки направляются в ливневую систему, а не поглощаются растениями или водоемами, которые помогают охлаждать территорию за счет испарения [2].

2. Темные поверхности. Крыши темного цвета пропускают в здание больше энергии, например тепла. Крыши темного цвета поглощают солнечную радиацию, они не отражают много солнечной радиации, поэтому они теплее, чем светлые поверхности [3].

3. Термальная масса. Здания имеют большую тепловую массу, а это значит, что они накапливают много тепла в течение дня и медленно отдают его ночью.

4. Отсутствие растительности. Растения и деревья создают тень и охлаждают воздух за счет испарения. Но в районах, где преобладают мощные поверхности, места для зелени мало.

5. Тепловые отходы. Механическое кондиционирование воздуха создает прямую проблему с перегревом, отдавая тепло в окружающую среду вокруг здания.

С этой целью мы изучили острова тепла во многих городских ландшафтах. На этот раз мы использовали данные спутника Landsat 8. Карта приземной температуры исследуемой территории была впервые подготовлена с использованием диапазонов 4, 5 и 10 спутника Landsat 8. Затем на его основе был проанализирован и нанесен на карту остров тепла. Мы

подробно изучили городские острова тепла в городских ландшафтах Гаджигабула, Ширвана, Нефтчалы, Сальяна, Саатлы, Имишли и Зардаба. Исследования, проведенные в городе Зардаб, показывают, что в городской местности разница температур более выражена, чем в окружающих сельских населенных пунктах. Так, если в городе этот показатель составляет $(-1)-1^{\circ}\text{C}$, то в окрестных селах этот показатель составляет $(-1,63)-0^{\circ}$ [1].

Города Ширван и Гаджигабул представляют собой городские ландшафты, где наиболее интенсивно наблюдаются городские острова тепла. Эта разница усиливается по мере продвижения на восток от городских пейзажей. Основная причина этого – умеренное влияние реки Куры на западе (рис.).

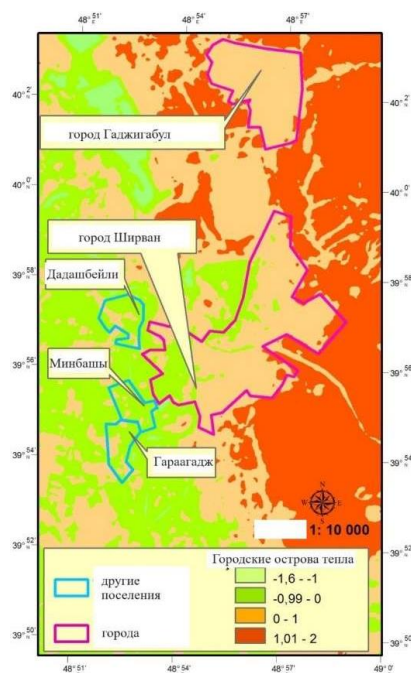


Рис. Образование островов тепла в городах Гаджигабул и Ширван и прилегающих районах

В ходе анализа озера Гаджигабул на основе спутниковых снимков было установлено, что вода на территории озера полностью высохла или сменилась почвой и растительностью. На это повлиял ряд факторов. Среди этих факторов мы в первую очередь проанализировали показатели температуры и осадков климата. Для анализа температурного индекса были получены и обработаны изображения со спутников Landsat 5 в августе 2010 года и Landsat 8 в августе 2019 года. Установлено, что за 9 лет минимальная температура на исследуемой территории увеличилась с $21,5^{\circ}\text{C}$ до 28°C , а максимальная температура составила 43°C в августе 2010 г., в 2019 г. она была выше 43°C . В 2010 году температура поверхности суши в границах озера была не выше 35°C , а в 2019 году – выше 43°C . Судя по динамике, известно, что максимальное повышение температуры ($18-21^{\circ}\text{C}$) наблюдается в центральной части озера. За 2010-2019 годы температура в районе поселка Гаджигабул к северу от озера повысилась до $6-12^{\circ}\text{C}$, а в районе города Ширван до $0-9^{\circ}\text{C}$.

Библиографический список

1. Аманова Ш.С. Моделирование городских ландшафтов (на изображении городов Мильской и Муганской равнины) // Известия Тульского Государственного Университета, 2023. №2. С. 73-83.
2. Ивашкина И. В., Кочуров Б. И. Экология градостроительства: направления исследований и инновационные методы // Архитектура и строительство России. 2022. Т. 4, № 4. С. 22-25. EDN: FIUMKN
3. Кочуров Б. И., Кульнев В. В., Ермакова Ю. И. и др. Устойчивое развитие сложных (эмерджентных) природно-хозяйственных геосистем // Проблемы региональной экологии, 2022. № 2. С. 75-80. DOI: 10.24412/1728-323X-2022-2-75-80 EDN: XCRYIB

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СНИМКОВ ВЫСОКОГО И СВЕРХВЫСОКОГО
ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССА
ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ПУСТОШЕЙ В ОКРЕСТНОСТЯХ
ПГТ. НИКЕЛЬ, МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ**

В статье рассматриваются особенности формирования техногенных пустошей в пгт. Никель в 1980–2023 годах.

Ключевые слова: ДЗЗ, техногенные пустоши

E. Volokh¹, N. Alekseenko², evolokh000@gmail.com

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

² IG RAS, Moscow, Russia

**THE USAGE OF HIGH AND ULTRA-HIGH RESOLUTION IMAGES
FOR STUDYING THE PROCESS OF WASTELANDS FORMATION IN NIKEL,
MURMANSK REGION**

The article is devoted to studying of wastelands formation in 1980–2023.

Keywords: remote sensing, wastelands

На сегодняшний день Мурманская область — один из наиболее промышленно развитых северных регионов России. На территории Кольского полуострова функционируют заводы и комбинаты, направленные на производство апатитового концентрата (Апатиты), первичного алюминия (Кандалакша), никеля, рафинированной меди, серной кислоты (Мончегорск, Заполярный, Никель), железорудного сырья (Оленегорск). При таком широком разнообразии различных промышленных предприятий нельзя обойтись без негативного воздействия на окружающую среду: в окрестностях цехов заводов выпадают кислотные осадки, поллютанты накапливаются в почве, погибают растения, образуются техногенные пустоши. Более того, часть из этих предприятий, в частности филиалы Кольской ГМК (пгт Никель и Заполярный), расположена в зоне лесотундр, наиболее долго восстанавливающейся после антропогенного воздействия.

После закрытия в 2020 году плавильного цеха по переработке медно-никелевого концентрата Кольской ГМК, согласно п. 5 ст. 13 Земельного кодекса Российской Федерации, компания должна провести рекультивацию земель, пострадавших в результате её деятельности. По этой причине на совместной конференции руководства Кольской ГМК и ФГБУ государственного заповедника «Пасвик» было предложено создание на территории между промышленными площадками Никель и Заполярный ООПТ нового типа «Области восстановления дикой природы». Идея получила поддержку проекта «Открываем Россию заново». В 2023 и 2024 годах были предприняты экспедиции студентами МГУ им. М.В. Ломоносова, НИУ ВШЭ, РГГУ им. С. Орджоникидзе с целью сбора полевых данных о территории и проведения съёмки БПЛА.

В рамках открытия ООПТ, направленной на восстановление тех или иных природных комплексов, необходимо понимать, какие растительные сообщества были характерны для рассматриваемой территории до формирования техногенных пустошей, а также получить более подробное представление о процессе их формирования. С этой целью были проанализи-

зированы данные космической и воздушной съёмки 1980–2023 годов. Рассмотрим анализ подробнее.

Динамика растительного покрова изучалась с использованием снимков *Landsat* (1980, 1983, 1984, 1986, 1989, 1997, 2013, 2015, 2017, 2020 гг.), снимков *Planet* (2018, 2021, 2023 гг.), *Spot* (2014, 2017 гг.), *IKONOS* (2007, 2011, 2012 гг.), *WorldView-2* (2018 г.) за летний период, конец весны и начало осени [1, 2, 3]. Было рассмотрено изменение значений *NDVI*, проведено сравнение многовременных изображений и разных вариантов классификации.

Анализ вегетационного индекса проводился следующим образом: для каждого снимка вычислялись значения индекса, а затем сравнивалась разность значений индекса за разные годы. Результаты анализа показали, что в 2018–2023 годах изменения территории, различимые на космических снимках минимальны. Разность значений *NDVI* не превышает 0,2. Наибольшие значения разности значений индекса приурочены к северо-восточной части исследуемой территории и понижениям рельефа.

В 2020–2013 годах наблюдается большее количество изменений. Стоит отметить, что именно на этот период попадает изменение технологий производства, предшествующее закрытию комбината. Наибольшая разность значений вегетационного индекса приурочена к склонам восточной и юго-восточной экспозиции, а также к северному берегу водохранилища Лучломполо и правобережью реки Малая Колосойоки. В период с 2013 по 1997 год наибольшие изменения приурочены к озерным понижениям, склонам восточной и северо-восточной экспозиции, и возвышенным частям в восточной части исследуемой территории. С 1980 по 1997 годы наибольшие изменения значений вегетационного индекса, напротив характерны не для понижений и участков, тяготеющих к водотокам и не для склонов, а для возвышенных территорий между реками Колосойоки и Малая Колосойоки, а также к северу от р. Малой Колосойоки и непосредственно окрестностей Никеля. Возможно наличие данных изменений также связано с экологизацией производства в Никеле и снижением количества выбросов.

Таким образом, анализ вегетационного индекса показывает, что наибольшие его изменения в XX веке приурочены к западной части исследуемой территории и возвышенностям, разделенным реками Колосойоки и Малая Колосойоки, а в XXI веке, напротив, наибольшие изменения характерны для восточной части территории и для склонов преимущественно восточной, юго-восточной и северо-восточной экспозиций и водосборных понижений. Однако, стоит понимать, что в данном случае анализ вегетационного индекса нельзя считать исключительно достоверным, так как несмотря на то, что среди выборки снимков большинство приходится на июль–август, встречаются также снимки, сделанные в апреле, мае, сентябре и октябре. Следовательно, растительность на снимках находится в разных стадиях вегетации, что влияет на значение индекса. Более того, рассматриваемый временной период охватывает более 40 лет, поэтому пространственное разрешение используемых снимков варьируется от 80 до 3–4 м, что также негативно влияет на результаты анализа. По этой причине также рассмотрен ряд разновременных синтезов и несколько вариантов классификации.

Теперь рассмотрим ряд разновременных синтезов. В качестве синего и зеленого каналов был использован красный канал более старого снимка, а в качестве красного — красный канал более нового. В 2018–2023 годах наибольшие изменения приурочены к территории Никеля и его окрестностей: появляется несколько дорог, наблюдаются незначительные изменения на территории завода.

В 2013–1997 годах наблюдается изменение состояния ландшафтного покрова на правобережье реки Малая Колосойоки. Однако, стоит учитывать, что снимок 2013 года — наиболее ранний из использованных (24 апреля), поэтому наблюдаемые различия могут быть связаны с разной стадией вегетации растительного покрова. Тем не менее, при синтезе снимков 1997 и 2015 годов наблюдается аналогичная ситуация, но при синтезе снимков 1989 и 2015 годов такого не наблюдается. Использование временного ряда *Google Earth* позволяет установить, что в 1998 году наблюдается аналогичная с 1997 годом ситуация, следовательно,

можно предположить, что на территории в 1997 году произошел пожар, последствия которого видны на снимке. В целом, в 2013–1997 годах, характерно снижение растительной биомассы. В 1980–1983 годах наблюдается увеличение значений биомассы, а в 1983–1989 годах значительных изменений в границах исследуемой территории не наблюдается.

Наконец, рассмотрим изменения растительного покрова исследуемой территории посредством сравнения классифицированных изображений. Изначально предполагалось в качестве обучающей выборки использовать участки, описанные летом 2023 года. Однако, их использование для алгоритма классификации *Random Forest* оказалось нерепрезентативным. В результате работы алгоритма выделяется всего 3 класса вместо 9, изначально выделенных в обучающей выборке (водные объекты участки 1–8, 12 из таблицы). Дело в том, что многие локальные изменения неразличимы при анализе данных космической съёмки в силу её пространственного разрешения. Более того, ряд особенностей формирования растительного покрова территории невозможно выявить без полевых выходов. В частности, произрастание хвойной древесной растительности на месте техногенных пустошей выявляется в том случае, если в почвенном покрове выражен альфегумусовый горизонт. Его наличие невозможно установить по данным дистанционного зондирования. Поэтому при классификации выделялись участки, где есть растительность и где её нет, при более детальном делении результаты нельзя считать репрезентативными. Помимо участков с растительным покровом и без него в отдельные классы также были выделены водные объекты и отвалы. Было выполнено 2 варианта классификации: *Maximum likelihood* и *Random forest*. Каждый из рассматриваемых снимков был классифицирован обоими алгоритмами, после чего каждому новому классу присваивалось уникальное значение, после чего растры соседних временных периодов перемножались для изучения динамики растительного покрова.

В первом случае на основании сравнения классифицированных растров видно, что в 2018–2023 годах незначительные изменения растительного покрова приурочены к тем участкам, где растительность уже есть, появления новых участков с растительностью не выявлено. В 2018–2021 годах наблюдается восстановление растительности ближе к плавильному цеху в Никеле, а в восточной части исследуемой территории наблюдается обратный процесс (рис.). В 2021–2023 годах ситуация меняется, восстановительные процессы все также приурочены к пониженным участкам восточной части территории, а деградация — к окрестностям рудника Каула и правобережью р. Кувернеринйоки. В 2015–2020 годах на всей территории полигона наблюдается восстановление растительности, приуроченной к долинам водотоков и заболоченным понижениям. В период с 1997 по 2015 годы для большей части территории характерна деградация растительного покрова, его прирост характерен только для наиболее низких частей заболоченных участков. В 1989–1997 годах наблюдается прирост растительности на склонах северной и северо-восточной экспозиции, а также в заболоченных понижениях и долине реки Малая Колосойоки, а в 1980–1989 годах для всей территории характерна деградация растительного покрова.

Стоит отметить, что на результаты классификации могут влиять такие параметры, как различные стадии вегетации растительного покрова, изменение пространственного разрешения снимков в силу совершенствования технологии съёмки на протяжении рассматриваемого периода, а также недостатки обучающей выборки. К сожалению, исключить влияние таких факторов как различие вегетации и изменение пространственного разрешения снимков не представляется возможным. Тем не менее, для исследования влияния структуры обучающей выборки и специфики выбранного алгоритма классификации все снимки были подвергнуты обработке с использованием алгоритма *Random forest*. Результаты работы данного алгоритма в целом сопоставимы с полученными ранее: в 2018–2021 годах также прослеживается деградация растительного покрова в окрестностях карьера рудника Каула (выражена сильнее) и в восточной части исследуемой территории, а в 2021–2023 годах область деградации растительности также смещается ближе к плавильному цеху, а на востоке и юго-востоке полигона, напротив, наблюдается восстановление растительного покрова.

Также была выполнена классификация ортофотопланов, построенных по данным аэрофотосъёмки 2023 года. Стоит отметить, что, по сравнению с данными космической съёмки, использование данных аэрофотосъёмки наиболее перспективно, хоть и не может полностью заменить собой полевые методы. Анализ результатов классификации ортофотопланов показал, что при движении с запада на восток (удалении от источника загрязнения) возрастает как разнообразие видов природно-территориальных комплексов, так и их мозаичность. Более того, визуальный анализ контрольных площадок 2023 года и лабораторный анализ отобранных проб почв и воды позволяет установить, что при удалении от комбината возрастает разнообразие произрастающих видов и их концентрация, а также снижается уровень загрязнения почв и воды.

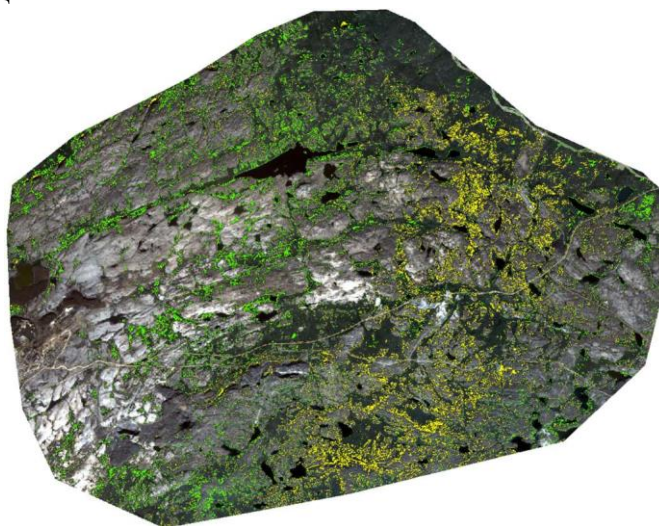


Рис. Динамика растительного покрова на основании классификации Maximum likelihood, 2018–2021 годы (зелёный – прирост растительности, а жёлтый – деградация растительного покрова)

На основании выполненного анализа данных космической и воздушной аэрофотосъёмки в XX–XXI вв. можно сделать следующие выводы. Использование снимков высокого пространственного разрешения позволяет судить лишь о наличии или отсутствии растительности в границах исследуемой территории, а не о её видовом составе. На основании проведённого анализа снимков территории с 1980 по 2023 годы предположительно наблюдается деградация растительного покрова, наиболее активно протекающая в 80-е годы XX века, однако необходимо учитывать такие факторы, как различные стадии вегетации растений и особенности обучающей выборки и используемого алгоритма классификации. Для более подробного изучения состояния растительного покрова и его динамики подойдет использование данных съёмки с БПЛА, позволяющих увидеть территориальные изменения состояния растительного покрова, в комбинации с полевыми выходами и отбором проб почвы и воды с последующим анализом их химического состава.

Авторы статьи выражают благодарность сотрудникам государственного природного заповедника Пасвик за неоценимую помощь в организации работ в рамках полевых выездов, а также плотное сотрудничество и обмен данными в рамках камеральных работ.

Библиографический список

1. Кольские карты / [Электронный ресурс] // Кольские карты [сайт]. — URL: <https://www.kolamap.ru/20.html> (дата обращения: 14.03.2024);
2. Поиск архивных аэрофотоснимков / [Электронный ресурс] // Аэрофотосъёмка WW2. Поиск и сканирование [сайт]. — URL: https://www.luftfoto.ru/lk/search_zdj2.html (дата обращения: 14.03.2024);
3. Немецкая аэрофотосъёмка Второй Мировой войны / [Электронный ресурс] // Активный туризм на Юге России [сайт]. — URL: <http://budetinteresno.info/luftwaffe-aerofoto/index.htm> (дата обращения: 14.03.2024).

РОЛЬ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ В ИЗУЧЕНИИ ЛАНДШАФТОВ (НА ПРИМЕРЕ ВЫСОКОГОРЬЯ БОЛЬШОГО КАВКАЗА)

Изучение ряда природных процессов методами дистанционного зондирования в географии известно еще с прошлого века. Однако выполнение этого метода в цифровом виде с помощью компьютерных программ появилось и получило широкое распространение в 20 веке. В статье объясняются различные виды цифровых методов.

Ключевые слова: ГИС, SNAP, спутниковые снимки, Sentinel

U.Sh.Gasimova, qulviyesh@gmail.com

Azerbaijan State Pedagogical University, Baku, Azerbaijan

THE ROLE OF DIGITAL MODELS IN LANDSCAPE STUDIES (USING THE EXAMPLE OF THE GREATER CAUCASUS HIGHLANDS)

Since the last century, studying several natural processes by remote sensing in geography has been known. However, performing this method digitally with computer programs appeared and became widespread in the 20th century. The article explains the different types of digital strategies.

Keywords: GIS, SNAP, satellite images, Sentinel

В последнее десятилетие, благодаря широкому развитию науки и техники, возникли предпосылки расширенного изучения природных ресурсов и условий Земли посредством космических летательных аппаратов.

В связи с этим, огромное значение придается новому направлению изучения географической среды – дистанционному зондированию природных геосистем вообще и географических объектов в частности. Для нашей республики, постановка и разрешение этой проблемы связана с экспериментальной стадией изучения ландшафтных поясов Южного склона Большого Кавказа и прилегающих территорий.

Новизна методических приемов, лежащих в основе дистанционного зондирования природных геосистем дает возможность непосредственного анализа представлений о сходстве и различиях природно-территориальных комплексов, в целях научно-теоретического и практического приложения [1].

Как известно, новый конструктивный вклад советских ландшафтоведов в дело изучения природных геосистем потребовал на современном этапе, наряду с геохимическим, геофизическим, палеогеографическим, картографо-математическим, статистическим методами, использование аэрокосмических методов, ввиду, как уже показали исследования последних лет, их экономичности, скорости, точности в разрешении поставленных задач.

В последние годы мы используем методы, которые представлены ниже:

Данные Landsat. Многозональные данные со спутника Landsat за более чем 40 лет функционирования этой системы приобрели огромную известность (первый спутник был запущен 23 мая 1972 г.). Landsat 8, запущенный 11 февраля 2013 года на данный момент является основным спутником данной системы. Сенсор нового спутника позволяет получать данные из 11 каналов, что значительно расширяет возможности использования данных.

Данные Landsat 8 были получены из архива Геологической службы (ГС) США (USGS) через портал EarthExplorer. Материалы Landsat 8 послужили дополнительным источником пространственной информации.

Данные Sentinel. Проект Европейского космического агентства (ЕКА) Sentinel предназначен для поддержки программы Copernicus (быв. – Global Monitoring for Environment and Security).

Sentinel-2A, 2B – Проект ЕКА Sentinel, оснащен оптико-электронным мультиспектральным сенсором для съёмок с разрешением от 10 до 60 м в видимой, ближней инфракрасной (VNIR) и коротковолновой инфракрасной (SWIR) зонах спектра, включающих в себя 13 спектральных каналов, что гарантирует отображение различий в состоянии растительности, в том числе и временные изменения, а также сводит к минимуму влияние на качество съемки атмосферы [4].

Для потребителей данных дистанционного зондирования данные Sentinel 2 доступны в основном в трех видах: Level-1B, Level-1C и Level-2A. Основной массив, получаемый пользователями, представлен уровнем Level-1C, содержащий коэффициент отражения верхних слоёв атмосферы (top of atmosphere reflectance или TOA reflectance), как в большинстве случаев было и в настоящем исследовании. Для тематического анализа данных необходимо было перевести данные Level-1C в Level-2A, содержащие данные коэффициента "bottom of atmosphere" (BOA, подстилающей поверхности).

Космические снимки аппаратов Sentinel 2A и 2B были получены от Европейского космического агентства посредством бесплатного доступа к архиву снимков на портале программы «Коперник». Полный цикл предварительной обработки данных Sentinel 2A и 2B осуществлялся в свободно распространяемом программном комплексе SNAP. Процесс перевода данных из одного уровня данных в другой осуществлялся при помощи Sen2Cor – автономного плагина для SNAP, предоставляющий пользователю конечный результат в виде изображения формата JPEG 2000 в трех разных разрешениях: 60, 20 и 10 м.

В работе использовались данные радиолокационной съемки (РЛ) с аппарата Sentinel-1, также полученные с портала программы «Коперник». Были рассмотрены возможности применения многополяризационных и разновременных радиолокационных данных Sentinel-1 уровней SLC и GRD. Продукт GRD – амплитудное радиолокационное изображение, трансформированное в проекцию наземной дальности. Продукт уровня SLC представляет собой комплексные радиолокационные данные (которые содержат и амплитуду, и фазу сигнала), представленные в проекции наклонной дальности. Отличительной особенностью данных этого уровня является то, что они могут быть использованы в интерферометрической обработке для получения информации о высотах и смещениях зондируемой поверхности. Обработка радиолокационных данных также осуществлялась в свободно распространяемом программном комплексе SNAP.

Данные PlanetScope. В 2014 году компания Planet начала разворачивать космическую группировку наноспутников дистанционного зондирования Земли PlanetScope (прежнее название – Flock (или Dove)). Каждый спутник представляет собой платформу CubeSat 3U (10x10x30 см), снабженную оптико-электронной камерой. Всего в 2014–2016 годах с борта Международной космической станции (МКС) было выведено на низкие орбиты более 130 космических аппаратов. В июне 2016 г. 12 космических аппаратов были запущены индийской ракетой-носителем PSLV, а 15 февраля 2017 г. одной ракетой-носителем PSLV было запущено 88 спутников серии Flock 3p (всего в результате этого запуска было выведено на орбиту 104 разных спутника). В 2017–2018 гг. были запущены 168 спутников. В настоящее время полная группировка включает около 150 постоянно действующих спутников и обеспечивает большую оперативность и высокую периодичность съемки интересующих территорий. Спутники имеют пространственное разрешение 3 м в четырех спектральных каналах RGB+NIR (рис. 14), при этом отсутствует панхроматический канал.

Данные с группировки спутников PlanetScope были получены с помощью онлайн-сервиса Planet Platform по программе академической подписки [2, 3]. Уровень полученных данных стал 3B, при этом для работы было доступно три типа данных:

AnalyticMS – стандартная ортосцена, значения пикселей в виде альбеда на верхней границе атмосферы (Top-Of-Atmosphere Reflectance, TOA);

AnalyticMS_DN – данные в виде цифровых значений съемочных систем (Digital Number, DN);

AnalyticMS_SR – ортосцена, значения пикселей пересчитаны к альбедо земной поверхности (Surface Reflectance, SR) [Planet Imagery Product Specifications].

В рамках настоящего исследования использовались снимки с космического аппарата (КА) Ресурс-П (Ресурс-П1) – отечественного аппарата ДЗЗ. Использование таких данных стало возможным благодаря Разрешению Роскосмоса № 58-9047 от 22.04.2019 г. КА «Ресурс-П» базируется, в основном, на конструктивно-аппаратном заделе КА «Ресурс-ДК1» и результатах проектных наработок по повышению целевых характеристик в следующих основных направлениях: увеличение числа узких спектральных диапазонов с трех до семи (рис. 15), обеспечение гиперспектральной съемки, обеспечение привязки снимков с точностью 10–15 м (точность достигается с использованием опорных точек), увеличение срока активного существования КА с трёх до пяти лет и др.

В состав целевой аппаратуры КА «Ресурс-П», в дополнение к оптико-электронной аппаратуре высокого разрешения, введены два типа съёмочной аппаратуры перспективная съёмочная аппаратура – ГСА (разработка ОАО КМЗ) и комплекс широкозахватной съёмочной аппаратуры – КШМСА, разработка филиала ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» – НПП «ОПТЭК».

Технология автоматизированной обработки материалов с КА типа «Ресурс-П» сверх-высокого разрешения («Геотон-Л1» (СППИ «Сангур-1У»)) с целью получения стандартного набора выходных продуктов выполнялась в программном комплексе «IMAGE MEDIA CEN-TER» и заключалась в нескольких этапах:

1. Проведение радиометрической коррекции входных данных, устранение дефектов, обусловленных особенностями съёмочной аппаратуры (неравномерной чувствительностью элементов).

2. Ортотрансформирование снимков с учетом RPC-коэффициентов и цифровой модели рельефа в проекцию UTM на референц-эллипсоиде WGS-84.

3. Совмещение спектральных каналов с точностью не хуже 0,5 пикселя.

4. Формирование изображения в естественных цветах.

5. Повышение детальности снимков на 10-20 %.

Входными являлись разновременные данные ДЗЗ съёмочных аппаратов Геотон-Л1 уровня обработки 1А (изображения по отдельным каналам без радиометрической и геометрической коррекции, без ортотрансформирования, без цветосинтеза, с коэффициентами RPC-полиномов в формате XML).

Радиометрическая коррекция была необходима для устранения дефектов исходных данных в виде вертикальных полос, обусловленных особенностями съёмочной аппаратуры (неравномерной чувствительностью элементов) и проводилась в ручном режиме (для Геотон-1). Далее предварительная обработка осуществлялась в интерактивном режиме при помощи специального плагина «Обработка материалов с КА Ресурс-П».

Продукт уровня обработки 2В – панхроматическое изображение, радиометрической и геометрической коррекцией, ортотрансформированное картографическую проекцию.

Продукт уровня обработки 2В1 – цветосинтезированное изображение из 3 каналов (RGB) с радиометрической и геометрической коррекцией ортотрансформированное в картографическую проекцию.

Продукт уровня обработки 4В – комплексированное изображение панхроматического и мультиспектрального снимков.

Шейп-файл (shapefile) с координатами контура территории, на которую продукт содержит изображение, в системе координат (эллипсоид, система высот, картографическая проекция) продукта.

Файл-паспорт, содержащий метаданные продукта, в том числе код КА, код съёмочной аппаратуры, номер витка съёмки, номер маршрута съёмки, дата и время съёмки.

Библиографический список

1. Берлянт А.М. Картографический метод исследования, Москва, 1988, 252 с.
2. Carr N.B., Leinwand I.F., Wood D.J.A.A. Multiscale index of landscape intactness for management of public lands //U.S. Geological survey open-fire report 2016-2017. 2017, pp.55-74.
3. Costa R.T., Goncalves C.F., Fushita A.T. Land use//cover and naturalness changes for watershed environmental management (Southeastern Brazil). Journal of Geoscience and Environment Protection, 2017, vol.5, pp.1-14. DOI: 10.4236/gep.2017.511001
4. Sun C., Bian Y., Zhou T., Pan J. Using multi-source and multi-temporal remote sensing data improves crop-type mapping in the subtropical agricultural region//sensors 2019. Vol 19/pp2401. DOI: 10.3390/s19102401 EDN: FKIHJJ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ РАЗНОВРЕМЕННЫХ СНИМКОВ LANDSAT В ИССЛЕДОВАНИЯХ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ УДМУРТИИ

В статье рассматривается методика проведения автоматизированного дешифрирования разновременных спутниковых снимков с помощью модуля SCP (Semi-Automatic Classification Plugin) в программе QGIS. Произведен подсчет площадей выделенных нами классов земельных угодий и проанализирована динамика их изменений.

Ключевые слова: спутниковый снимок, дешифрирование, пахотные земли

I. Grigorev, I. Rysin, V. Konev, ivangrig@yandex.ru
Udmurt State University, Izhevsk, Russia

USE OF AUTOMATED INTERPRETATION OF LANDSAT IMAGES AT MULTI-TIME TIMES IN STUDIES OF EROSION PROCESSES IN THE TERRITORY OF UDMURTIA

The article discusses the methodology for automated interpretation of multi-temporal satellite images using the SCP (Semi-Automatic Classification Plugin) module in the QGIS program. We calculated the areas of the land classes we identified and analyzed the dynamics of their changes.

Keywords: satellite image, interpretation, cultivated croplands

Динамика эрозионных процессов в значительной мере определяется соотношением различных типов земель в общей структуре землепользования. Одним из важнейших источников получения актуальной информации о пространственных изменениях являются материалы дистанционного зондирования Земли. Для целей создания пространственных баз данных на региональном уровне хорошо подходят многозональные снимки среднего разрешения, наиболее популярными из которых являются снимки, выполненные со спутников Landsat [1]. Разрешения данных снимков (30 м на пиксель) вполне достаточно для решения наших задач. Съемка проводится в нескольких каналах с подходящей периодичностью и сплошным охватом территории. Кроме того, имеется бесплатный доступ к архиву снимков (с 1984 г.), что позволяет оценить динамику изменений.

Актуализация количественных данных по изменению структуры землепользования во временном разрезе в течение последних 30-40 лет является важной задачей. В настоящее время на территории Удмуртии наблюдается затухание эрозионных процессов, что объясняется изменением климатических условий и возрастанiem необрабатываемых пахотных площадей в 1990-е годы. В дальнейшем созданная картографическая основа может быть использована для комплексной оценки природных и антропогенных факторов, влияющих на развитие эрозионных процессов [3].

Исследование проводилось на примере участка в южной части Удмуртии, ориентировочной площадью 2300 км² (рис.1). Подобраны снимки на 3 временных периода: 1989 г., 2013 г. и 2023 г. На каждый рассматриваемый период используются весенне-летние снимки. Снимки 1989 года выполнены спутником Landsat 5, а 2013 и 2023 – спутником Landsat 8. Фактическое разрешение всех снимков составляет 30 метров/пиксель в мультиспектральном режиме и 15 метров/пиксель в панхроматическом режиме. Загрузка снимков производилась в QGIS через меню SCP (Semi-Automatic Classification Plugin). Снимки были обработаны (т.е. была произведена атмосферная коррекция и изменено

пространственное разрешение) и в результате созданы новые файлы формата tif. На их основе был сформирован Band set (набор каналов), который позволяет определить один или несколько наборов каналов, используемых в качестве входных данных. Снимки Landsat 5 синтезированы в сочетании 5, 4, 3 каналы, Landsat 8 – 6, 5, 4. Подобная комбинация позволяет увидеть очень много информации и цветовых контрастов. Здоровая растительность выглядит ярко зеленой, а почвы – розовато-лиловыми. Данное цветовое решение дает хорошую возможность для качественного анализа сельскохозяйственных угодий [2].

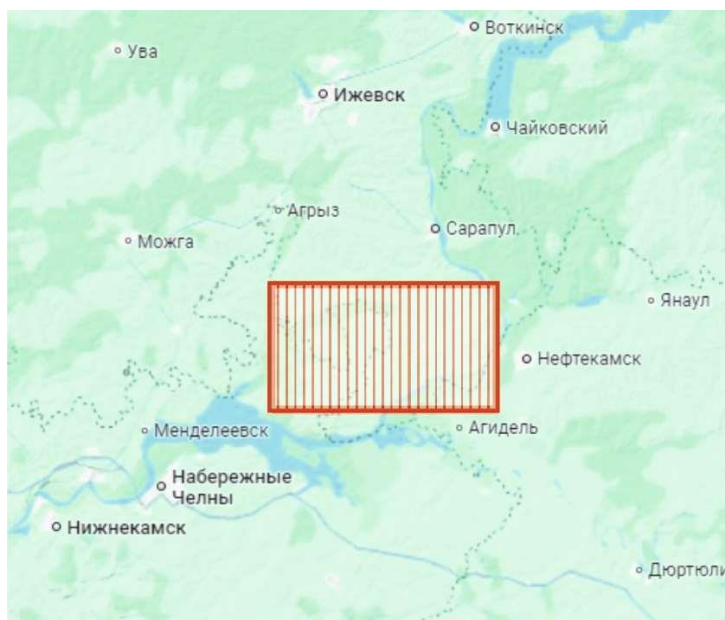


Рис. 1. Расположение исследуемого участка на территории Удмуртии

Далее следует этап автоматизированного дешифрирования. Он включает задачи классификации изображений, распознавания образов и процедуры машинного обучения, обеспечивающего процесс самообучения алгоритмов распознавания. Во вкладке SCP Dock создается файл, в котором хранится набор эталонов. Затем выделяются области или пиксели, которые являются наиболее характерными для определенного класса объектов. Использование инструмента ROI (Regions Of Interest) позволяет выделять временные полигоны, на базе которых рассчитываются спектральные характеристики объектов.

Для качественной классификации набирается библиотека классов и их цифровых обозначений. Нами выделялись следующие классы земельных угодий: 1) пашня обрабатываемая; 2) пашня не обрабатываемая (зарастающая мелкоколесьем); 3) пашня, используемая под многолетние кормовые культуры (не распахивается от 6-8 лет и более); 4) пастбища и луга (сенокосные угодья); 5) лесные земли (залесенные площади, включая болота); 6) застроенные территории (включая селитебные, дорожную сеть, участки под нефтедобычей и др. полезными ископаемыми); 7) водоёмы (пруды, озера, водохранилища и речная сеть).

В ходе выполнения исследования нами было установлено, что использование одного общего набора эталонов может привести к неверной классификации объектов из-за разных цветовых характеристик пикселей. Поэтому для некоторых классов нами подбирались разные комбинации каналов. Так, например, для залесенных земель, охватывающих большую территорию, и имеющих четко различимую структуру и характерный цвет, использовалось сочетание каналов Landsat 8 – 432, то есть “естественные цвета”.

На основе ROI была произведена классификация. Она строится на системе классов или макроклассов. Непосредственно перед классификацией всего растра для определения наиболее оптимальных характеристик был выбран небольшой участок, включающий максимально возможное число имеющихся эталонов. На эту территорию был осуществлен предварительный просмотр классификации. Далее нами была проведена классификация

всего растра по системе классов (Class ID) методом максимального правдоподобия. После процедуры векторизации классифицированных областей создаётся отдельный слой с векторными слоями. Далее выполняем экспорт в MapInfo в формате Tab для дальнейшего подсчета площадей классов.

На исследуемый участок территории Удмуртии созданы с помощью автоматизированного дешифрирования 3 разновременные карты – 1989 г., 2013 г., 2023 г. (рис.2).

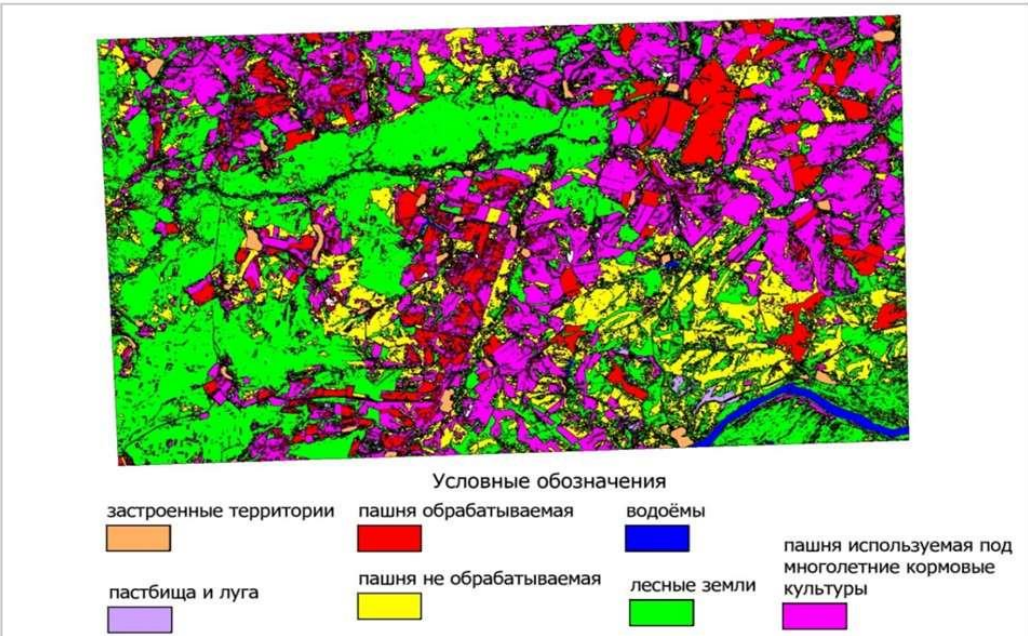


Рис. 2. Классифицированные объекты в QGIS на основе снимка 2023 г.

Составленные карты представляют собой изображение, пикселям которого вместо исходного значения яркости присвоены значения цветов конкретного класса. Нами был сформирован векторный полигональный слой и связанная с ней атрибутивная таблица. Таблица содержит в себе идентификационный номер объекта и номер класса, к которому он относится. Для определения площадей объекта был использован калькулятор полей. Общая площадь контуров на 1989 г. оказалась меньше последующих в связи с наличием облачности.

Таблица

Динамика изменений оконтуренных площадей

Классы земельных угодий	Площадь участков (кв. км)		
	1989 г.	2013 г.	2023 г.
Лесные земли	771,1	770,1	834,4
Пашня обрабатываемая	255,6	117,0	230,6
Пашня не обрабатываемая	222,8	316,6	410,7
Застроенные территории	25,27	25,27	25,27
Водоемы	16,11	17,56	17,84
Пастбища и луга	154,7	170,6	66,16
Пашня, используемая под многолетние кормовые культуры (не распаивается от 6-8 лет и более)	623,4	875,3	711,7
Итого:	2068,98	2292,43	2296,67

Таким образом, использование механизмов автоматического дешифрирования способно увеличить скорость и точность подсчета площадей земельных угодий. Динамика

изменения площадей анализируемых угодий в целом соответствует общеизвестным тенденциям, характерным для всей страны. В первую очередь отмечается резкий спад площади обрабатываемых пахотных земель в 90-е годы 20 века и постепенное восстановление в настоящее время. Увеличивается в последние годы площадь лесных угодий, в том числе и за счет зарастания пастбищ, лугов и не обрабатываемых длительное время пахотных земель. Незначительно выросла на исследуемом участке площадь водоемов прежде всего за счет создания новых прудов. Площади населенных пунктов за исследуемый период практически не изменились. Это связано, во-первых, с недостаточным разрешением исходных снимков, не позволяющим четко дешифровать сельские населенные пункты, во-вторых, с исчезновением ряда мелких населенных пунктов и компенсирующим это ростом более крупных сел и деревень. Таким образом, можно сделать вывод о том, что снижение активности эрозионных процессов в последние десятилетия прямо связано с уменьшением площади обрабатываемых сельскохозяйственных угодий. Для подтверждения сделанных нами выводов планируется проведение аналогичных исследований на других участках на территории Удмуртии.

Библиографический список

1. Белоусова А.П. Анализ использования пахотных земель по спутниковым снимкам Landsat на примере Кунгурской лесостепи// Географический вестник. 2018. №4(47). С.133-143. DOI: 10.17072/2079-7877-2018-4-133-143 EDN: YTTUMH
2. Иванов М.А. География и геоэкология бассейновых геосистем Приволжского федерального округа. Автореферат дис....канд. геогр. наук. Казань: КФУ. 2019. 25 с. EDN: VIYWXF
3. Скрипчинский А.В., Бурый Ю.В. Мониторинг эрозионных процессов средствами космической съемки // Наука. Инновации. Технологии. 2016. №2. С. 89-98. EDN: WDHJMB

ВОДНЫЕ ИНДЕКСЫ КАК ИНСТРУМЕНТЫ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА

В статье рассматриваются возможности применения водных индексов, которые рассчитываются на основании данных дистанционного зондирования Земли, для целей мониторинга водных объектов территории. Возможности данных индексов показаны на примере спутниковых снимков Landsat 8 для территории города Калуги и его окрестностей, обработанных в географической информационной системе QGIS.

Ключевые слова: водные индексы, спутниковые снимки, растры, синтез, каналы

M.V. Zakharova, ZaharovaMV@tksu.ru

Kaluga State University after named K.E. Tsiolkovski, Kaluga, Russia

WATER INDEXES AS Tools FOR REMOTE MONITORING

Possibilities of using water indices, which are calculated on the basis of Earth remote sensing data, for the purpose of monitoring the water objects of the territory are discussed in this article. Capabilities of these indexes are shown by the example of Landsat 8 satellite images for the territory of the city of Kaluga and its surroundings, processed in the geographical information system QGIS.

Keywords: water indexes, satellite images, rasters, synthesis, bands

Хорошо известно, что актуальность дистанционного зондирования Земли в географических исследованиях обусловлена возможностями оперативного и детального исследования состояния окружающей среды и использования природных ресурсов, благодаря анализу, сопоставлению и наложению снимков Земли из космоса, а также получения объективной картины исследования, благодаря самым достоверным источникам информации о процессах и явлениях, происходящих на планете, что даёт возможность увидеть современное состояние географической оболочки и оценить её изменение во времени и в пространстве.

Одним из наиболее широко применяемых в дистанционном зондировании методов является метод, основанный на спектрометрической интерпретации космических снимков. Данный метод основан на анализе спектральных характеристик объектов, т.е. включает подбор каналов (спектральных диапазонов), которые чувствительны к изменениям спектральных свойств изучаемых объектов, и помогает установить зависимости, связывающие значения дистанционно измеренных яркостей с искомыми параметрами среды (почвы, растительный покров, водные поверхности).

Ещё один часто применяемый метод анализа космических снимков связан с нахождением индексов. Наиболее известными среди них являются вегетационные индексы NDVI, которые подбираются эмпирическим путем, исходя из известных особенностей кривых спектральной отражательной способности растительности и почв. Однако, существуют ещё так называемые «водные индексы», которые так же рассчитываются на основании данных дистанционного зондирования. Они позволяют выполнить мониторинг затопления и подтопления территорий, выявить уровень горючих материалов в пожароопасных районах, выполнить расчёт влагозапасов территории водосбора, оценить степень увлажнения растительного покрова и решить многие другие задачи [3].

В качестве объекта исследования была взята территория города Калуги и его окрестностей, для которой с сайта <https://earthexplorer.usgs.gov/> был загружен мультиспектральный

снимок Landsat 8 от 18 мая 2024 года. В табл. представлены характеристики спектральных каналов спутниковых снимков программы мониторинга Landsat 8.

Таблица

Характеристика спектральных каналов съёмочной системы Landsat 8

Номер канала	Разрешение, м	Длина волны		Название
		начало, мкм	конец, мкм	
Канал 1 (B_1)	30	0,43	0,45	Тёмно-синий (Ultra-Blue)
Канал 2 (B_2)	30	0,45	0,51	Видимый синий (Blue)
Канал 3 (B_3)	30	0,53	0,59	Видимый зелёный (Green)
Канал 4 (B_4)	30	0,64	0,67	Видимый красный (Red)
Канал 5 (B_5)	30	0,85	0,88	Ближний ИК (NIR)
Канал 6 (B_6)	30	1,57	1,65	Коротковолновый ИК (SWIR ₁)
Канал 7 (B_7)	30	2,11	2,29	Коротковолновый ИК (SWIR ₂)
Канал 8 (B_8)	15	0,50	0,68	Панхроматический (PAN)
Канал 9 (B_9)	30	1,36	1,38	Ближний ИК (Citrus)

Для исследований объектов на поверхности Земли наиболее востребованы каналы с номерами 1-7 с разрешением 30 м/пикс [4]. Расчёт индексов выполнялся в геоинформационной системе QGIS с помощью инструмента «Калькулятор растра». В результате были построены цветосинтезированные изображения индексных поверхностей для нормализованного разностного водного индекса NDWI, модифицированного нормализованного разностного водного индекса MNDWI и индекса влагостойкости WRI [1, 2, 5]. Исходными данными для вычисления водных индексов являются каналы снимков (табл. 1), соответствующие формулам расчётных индексов, которые приведены ниже. По итогам расчётов в QGIS формировались безразмерные растровые изображения с закодированной информацией (рис. 1-5).

Нормализованный разностный водный индекс (Normalized Difference Water Index, NDWI) – это индекс, который может эффективно дополнять информацию о водных запасах территории, усиливает связанные с водой особенности ландшафтов. Этот индекс использует ближний инфракрасный (NIR) и коротковолновый инфракрасный (SWIR) диапазоны

$$NDWI = \frac{B_5 - B_6}{B_5 + B_6}, \quad (1)$$

где B – соответствующий спектральный канал из табл. 1.

Считается, что водные объекты принимают значения NDWI от 0,2 до 1. Результат расчёта индекса NDWI для исследуемой территории показан на рис. 1.

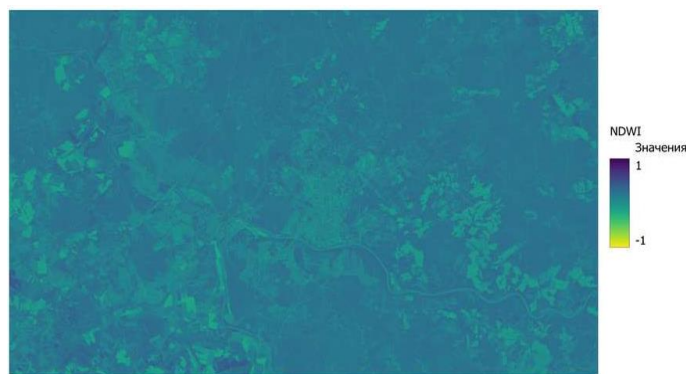


Рис. 1. Расчётное растровое изображение NDWI

Модифицированный нормализованный разностный водный индекс (Modified Normalized Difference Water Index, MNDWI) – это разновидность индекса NDWI, который

также используется для идентификации водных объектов и оценки увлажненности территории на спутниковых снимках. Его применение считается более эффективным для застроенных территорий. MNDWI основан на разнице в поглощении света в коротковолновом инфракрасном (SWIR₂) и видимом зелёном (Green) диапазонах электромагнитного спектра

$$\text{MNDWI} = \frac{B_3 - B_7}{B_3 + B_7}. \quad (2)$$

По шкале видно, что значение MNDWI у водных объектов превышает 0,5. Пример рассчитанной индексной поверхности показан на рис. 2.



Рис. 2. Расчётное растровое изображение MNDWI

Индекс влагостойкости (Water Ratio Index, WRI) используется для оценки степени увлажнённости растительного покрова и нахождения водных поверхностей на изучаемой территории. Расчёт данного индекса основан на установлении соотношения между полным спектральным индексом двух видимых диапазонов света (Green и Red) и ближним (NIR) и коротковолновым инфракрасным (SWIR) диапазонами

$$\text{WRI} = \frac{B_3 + B_4}{B_5 + B_7}. \quad (3)$$

Индексы WRI для водных объектов или увлажнённых объектов, принимают значения от 1 и выше. На рис. 3 показан расчётный растр WRI для изучаемой территории. Можно отметить, что чем темнее участки, тем больше влаги они содержат.

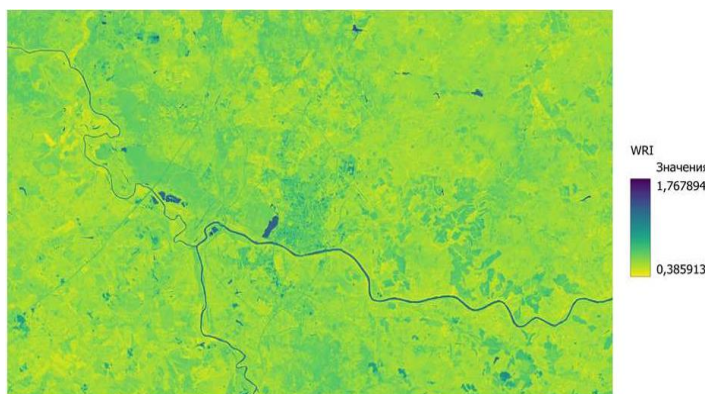


Рис. 3. Расчётное растровое изображение WRI

Таким образом, использование водных индексов даёт возможность не только выполнить дешифрирование мультиспектральных снимков для определения водных объектов, но установить степень увлажнения исследуемой территории, определить влагозапасы в растительности.

Библиографический список

1. Кутявина Т.И., Рутман В.В. и др. Использование космических снимков для определения границ водоёмов и изучения процессов эвтрофикации // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 3. С. 28-33. DOI: 10.25750/1995-4301-2019-3-028-033 EDN: DEDFQO
2. Морозова В.А. Расчет индексов для выявления и анализа характеристик водных объектов с помощью данных дистанционного зондирования // Современные проблемы территориального развития: электрон. журн. – 2019. – № 2. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). URL: <https://terjournal.ru/2019/id85/> (дата обращения 16.07.2024). EDN: HJSUNG
3. Сутырина Е.Н. Дистанционное зондирование Земли. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. 165 с. ISBN: 978-5-9624-0801-9 EDN: STAATD
4. Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения / А.Н. Шихов, А.П. Герасимов, А.И. Пономарчук, Е.С. Перминова. Пермь, 2020. 191 с. ISBN: 978-5-7944-3476-7 EDN: SJOODT
5. Hanqiu Xu Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery // International Journal of Remote Sensing. Vol. 27, No. 14. P. 3025-3033.

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ЭКОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Возможность получения информации методом дистанционного зондирования без установления контакта с исследуемыми объектами, оперативный спутниковый контроль природных ресурсов, организация экологического мониторинга, изучение динамики природных процессов и событий, анализ причин, прогноз возможных причин, создание чрезвычайной ситуации, система оповещения и т.д. позволяют выполнять подобные задачи в короткие сроки. В связи с этим, при эколого-геоморфологических исследованиях большое значение имеет использование материалов дистанционного зондирования Земли.

Ключевые слова: ГИС, ДЗЗ, эколого-геоморфологические условия, рельеф, аэрокосмические снимки

J.Y. Gasimov, jeyhungasimov@mail.ru
Institute of Geography named after. acad. G.A. Aliyev, Baku, Azerbaijan

APPLICATION OF AEROSPACE METHODS IN ECOLOGICAL-GEOMORPHOLOGICAL RESEARCH

The ability to obtain information by remote sensing without establishing contact with the objects under study, operational satellite monitoring of natural resources, organization of environmental monitoring, dynamics of natural processes and events, analysis of causes, forecast of possible causes, creation of an emergency warning system, etc. allows you to complete such tasks in a short time. In this regard, the use of remote sensing materials in ecological and geomorphological studies is of great importance.

Keywords: GIS, remote sensing, ecological and geomorphological conditions, relief, aerospace images

Методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) играют роль важного оперативного и современного источника информации для тематических слоев ГИС (Географических информационных систем), в то же время ГИС-технологии играют важную роль в интерпретации информации, полученной из материалов ДЗЗ современными методами, и их обработке [2; 5]. Материалы ДЗЗ можно разделить на аэрофотоснимки и космические снимки в зависимости от типа платформ. Обнаружить электромагнитное излучение, отражающее физические, химические и биологические свойства объектов, расположенных на поверхности земли, можно с помощью датчиков, установленных на стационарных или мобильных платформах (искусственные спутники, самолеты, вертолеты, системы аэрофотосъемки и т. д.). Аэрофотосъемка, дающая масштабную и подробную информацию о географических объектах и процессах, бывает одномоментной и многомоментной (продольный охват от 10% до 80%, поперечный охват до 30%) в зависимости от цели и задачи исследований, основанных на аэрофотосъемке и в различных спектральных диапазонах (видимом, тепловом инфракрасном, радиолокационном и т.д.). Космические изображения, получаемые с помощью датчиков, расположенных на искусственных спутниках, позволяют периодически изучать формы рельефа и процессы рельефообразования. В связи с положением искусственных спутников в космосе, для метеорологических наблюдений и картографических целей используются в основном геостационарные спутники, траектория которых совпадает с направлением вращения Земли и расположены на большой высоте орбиты. Можно выделить постоянный угол с направле-

нием Солнца и на относительно небольшой высоте спутники, летающие по солнечно-синхронным орбитам. Высоты орбит спутников должны выбираться в соответствии с возможностями датчиков, которые по источникам энергии бывают активными (излучающими) и пассивными (регистрирующими лучи, отраженные от поверхности Земли) [1].

Взаимная интеграция ГИС-технологий и метода дистанционного зондирования позволяет получать качественные и количественные показатели, важные при проведении экогеоморфологических исследований [4]. Большинство материалов дистанционного зондирования и полученной на их основе информации имеют географическую привязку (Рис.). Для достижения разных целей используются различные методы сбора и анализа данных дистанционного зондирования. Например, наложение снимков вдоль продольных и поперечных маршрутов для создания трехмерных стереомоделей географических объектов на основе изображений стереопар – стереоснимок, показовая съемка для изучения динамики изменения географических объектов и процессов во времени, а все три – для получения детальных информации о географических объектах и процессах на уровне (космическом, аэро- и наземном) используется метод многоуровневой съемки. Метод дистанционного зондирования позволяет осуществлять обобщение на больших территориях и получать определенные результаты за более короткий период времени, чем другие методы.

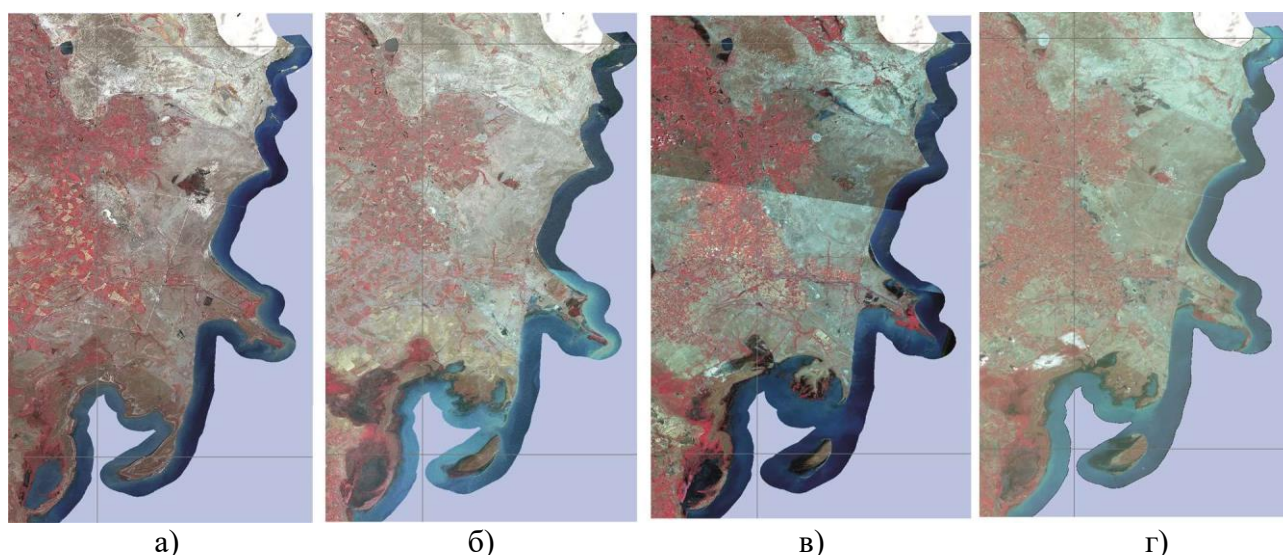


Рис. Космический снимок прикаспийской части Кура-Аразской низменности, сделанный в разные годы: а) Landsat-2 MSS (1976 г.); б) Landsat-5 MSS (1987 г.); в) Landsat-7 ETM+ (2002 г.); г) Landsat-8 OLI&TIRS (2017 г.)

Кроме того, космические снимки делятся на глобальные (зона съёмки 10 000 км), большие региональные (зона съёмки 3000-500 км), региональные (зона съёмки 350-60 км), локальные (зона съёмки 10 км) и соответственно разделены на очень мелкие (1:10 000 000-1:100 000 000), мелкие (1:1 000 000-1:10 000 000), средние (1:100 000-1:1 000 000), большие (1:10 000-1:100 000) масштабные изображения. Очень мелкомасштабные глобальные изображения являются геостационарными, мелкомасштабные региональные изображения являются геостационарными и ресурсными (метеорологическими), близкими к земле, а средне-масштабные региональные и крупномасштабные локальные изображения представляют собой космические изображения, полученные ресурсными и картографическими спутниками.

Одной из важных особенностей космических изображений является их точность – размер пикселя. Этот параметр представляет размер каждого пикселя, соответствующего поверхности земли. С этой точки зрения космические изображения делятся на следующие типы:

1. Изображения низкого разрешения (размер пикселя соответствует нескольким километрам). Эти космические изображения, обладающие упомянутыми выше характеристиками – очень мелкомасштабных глобальных, мелкомасштабных и крупномасштабных региональ-

ных снимках – отображают облачность, тепловые свойства океанских вод и крупномасштабные геологические структуры суши.

2. Многие природно-географические объекты изображаются на снимках средней точности (точность измеряется сотнями метров: 100-1000 м), но в большинстве случаев объекты антропогенного происхождения не изображаются.

3. Высокоточные изображения (точность измеряется десятками метров: 10-100 м) отображают не только природные объекты, но и многие экономические объекты. Эта группа космических изображений обеспечивает большую часть географических исследований. В зависимости от цели и задачи исследования, зарегистрированные изображения делятся на следующие подгруппы: а) изображения сравнительно высокой точности (30-100 м), полученные со сканирующих устройств ресурсных спутников тематического картографирования; б) фотографические, сканерные и снимки высокого разрешения (10-30 м), полученные с ресурсно-картографических и ресурсных спутников, используемые для детального тематического картографирования.

4. Снимки сверхвысокой точности (точность измерения в несколько сантиметров и метров: 0,3-10 м) отображают детальные природно-географические объекты, а также объекты хозяйственной деятельности, в том числе населенные пункты и дороги. Эти изображения используются при составлении крупномасштабных топографических карт и планов [2].

Важными изобразительными свойствами аэрофотоснимков являются их обобщение и декодирование. При генерализации по аэрофотоснимкам многие особенности изображения обобщаются и отдельные объекты объединяются в один объект. Генерализация изображений – важная особенность, влияющая на информатику аэрокосмических изображений. При переходе от крупного масштаба к мелкому, например, от аэрофотоснимков к сравнительно мелкомасштабным космическим снимкам, существующие изображения географических объектов заменяются изображениями объектов более высокого иерархического уровня и более крупных размеров (например, растительности с рельефом и гидрографические элементы). То есть на обобщенных космических изображениях формируются изображения некоторых объектов, которые не описаны или не заметны в больших масштабах. На основе анализа космических снимков возможно также составление геоморфологических карт масштаба 1:200 000 и мельче, описывающих взаимодействие форм рельефа с морфоструктурами, важные этапы рельефообразующих процессов, комплексную характеристику экзогенных процессов и их связи с эндогенными процессами, которые были обобщены в различной степени [3].

Расшифровка аэрофотоснимков важна для географических исследований. В связи с широким распространением персональных компьютеров в современное время можно выделить визуальное и компьютерное дешифрирование. Для получения тематической информации на аэрокосмических изображениях комплексно используются визуальное и компьютерное дешифрирование. То есть методы визуального дешифрирования на экране компьютера дополняются результатами автоматического дешифрирования, осуществляемого с помощью специальных программ, что существенно повышает характеристики дешифрирования и точность отраженных на изображении географических объектов и процессов [3]. На основе расшифровки аэрофотоснимков можно получить информацию об оптических характеристиках, географическом положении и геометрических характеристиках природных объектов или определить границы областей экзогенных процессов и морфологические особенности рельефа, абразии и аккумулятивные формы рельефа с плавной формой, отличающиеся резкостью береговых линий по ландшафтным показателям. Например, расшифровка речных форм рельефа на аэроснимках (долины рек, дельты рек, меандры, хребты, речные котловины, балки и овраги и др.), эрозионно-аккумулятивных форм рельефа прибрежной зоны, а также расшифровка аэрофотоснимков разного времени, сопоставленных друг с другом, позволяет анализировать динамику экзогенных рельефообразующих процессов.

Путем обработки радиолокационных изображений (цифровая модель рельефа – ЦМР) в среде ГИС, можно получить результаты количественных морфометрических показателей рельефа: горизонтальное и вертикальное расчленение, уклон и экспозиция. Морфометриче-

ские показатели, количественно отображающие эндо- и экзодинамических рельефообразующих процессов, морфологии рельефа, определяют эколого-геоморфологическую напряженность исследуемой территории.

Библиографический список

1. Геоинформатика. / под ред. Е.Г.Копралов, А.В.Кошкарёв, В.С.Тиунов и др. Москва, Академия, 2005. 480 с.
2. Касумов Дж.Я. Применение геоинформационных систем в эколого-геоморфологических исследованиях (на примере Кура-Аразской низменности и прилегающих территорий) // "XXI век: Геопространственные данные и космическая информационная инфраструктура", посвященная 50-летию кафедры геодезии и картографии. Научно-практическая конференция "Инновации, пути эффективного использования". Баку, 6-7 декабря 2022 г. Баку: Издательство Бакинского Университета, 2023. С. 68-74.
3. Книжников Ю.Ф. Аэрокосмические методы географических исследований. М.: Академия, 2004. 336 с. ISBN: 5-7695-1529-5 EDN: QKEMQL
4. Мехтиев А.С., Исмаилов А.И. Географические информационные системы. Баку: Муаллим, 2011. 232 с.
5. Gasimov J.Y. Ecological-geomorphological analysis of surface processes in the Kura-Araz lowland and adjacent territories on the base of remote sensing data // 4th Intercontinental Geoinformation Days (IGD) – 20-21 June 2022 – Tabriz, Iran, Mersin: Mersin University-Engineering faculty, department of geomatics engineering, Turkey. P. 171-174.

ГРОЗЫ ХОЛОДНОГО ПОЛУГОДИЯ 2023–2024 гг. НА ЮГЕ СИБИРИ

Исследовались условия формирования зимних гроз на юге Сибири в холодный сезон 2023–2024 гг. с привлечением индексов неустойчивости атмосферы и данных спутникового зондирования. По синоптическим условиям грозы отмечались вблизи вершины фронтальной системы на холодных фронтах или фронтах окклюзии, как правило, на самой границе и грядах сразу за фронтом или на отделившейся его мезомасштабной ячейке. Статистическая неустойчивость атмосферы прослеживалась почти во всех случаях только по индексу Total Totals.

Ключевые слова: зимние грозы, энергия неустойчивости атмосферы, спутниковое зондирование

I. Kuzhevskaya¹, N. Cheredko^{1,2}, M. Volkova¹, atnik3@rambler.ru

¹Tomsk State University, Tomsk, Russia

²Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russia

THUNDERSNOW IN THE COLD HALF-YEAR 2023–2024 IN SOUTHERN SIBERIA

The conditions for the thundersnows formation in the south of Siberia during the cold season of 2023–2024 were studied. Atmospheric instability indices and satellite sounding data were used. Thundersnow events have been observed near the top of frontal system on cold fronts or occluded fronts, usually on the very boundary and ridges immediately behind the front or on a mesoscale cell that separated from it. The statistical instability of the atmosphere was traced only by the Total Totals index in almost all cases.

Keywords: thundersnow, atmospheric instability energy, satellite sounding

Зимние грозы, достаточно редкое явление в синоптической практике, малоизучены и сложно прогнозируемы. Холодный сезон 2023–2024 гг. на юге Сибири и, в частности, в Томске отличился частотой таких событий: зарегистрированы шесть случаев грозы: в октябре, дважды в январе, в феврале и дважды в марте. Основная проблема зимних гроз – они неожиданны вследствие своей «нелогичности», поэтому часто наблюдатель может не зафиксировать событие, не заметив его сквозь мощный снежный заряд. Так, в Томске о грозе 10.02.24 писали во всех соцсетях, приводили фото, но наблюдателями на станции она не была зафиксирована. То же для грозы 26.03.24. При этом, такие явления представляют опасность, особенно, для авиации. Материалы спутниковых данных позволяют восполнять пробелы в метеорологической информации, поступающей с редкой наземной сети, расширять ее данными, которые недоступны для наземного наблюдателя или не видны ему. Особенно материалы спутниковых наблюдений полезны в исследованиях мезоструктурных особенностей атмосферных фронтов. С привлечением данных спутникового зондирования, журналов штормовых оповещений WAREP, данных аэрологического зондирования, данных ГМС Томск, АМСГ Томск зимние грозы холодного полугодия 2023–2024 гг. были проанализированы (условия формирования, особенности развития, пространственный охват).

Основным фактором возникновения зимних гроз является динамическая конвекция. Понятно, что зимние восходящие потоки меньшей интенсивности и до меньших высот, чем летние, что отражается в более низких значениях доступной конвективной потенциальной энергии (CAPE), гораздо меньшей частоте вспышек, чем при летних грозах. События грозо-

вой активности холодного сезона 2023–2024 г. были множественными, охватывали почти весь юг Сибири, сопровождались ливневыми осадками (снег или дождь со снегом), нижняя граница кучево-дождевой облачности была на 300–600 м, приземная температура близка к 0 °C (с переходом через 0 °C), наблюдалось усиление приземного ветра и смена его направления. В целом, направление ветра было с южной составляющей, кроме случая 20.03.2024, когда направление ветра было северных румбов.

По синоптическим условиям грозы отмечались вблизи вершины фронтальной системы на холодных фронтах или фронтах окклюзии, как правило, на самой границе и грядах сразу за фронтом или на отделившейся его мезомасштабной ячейке. Такие мезоструктурные ответвления от фронтов хорошо видны на спутниковых снимках (рис.).

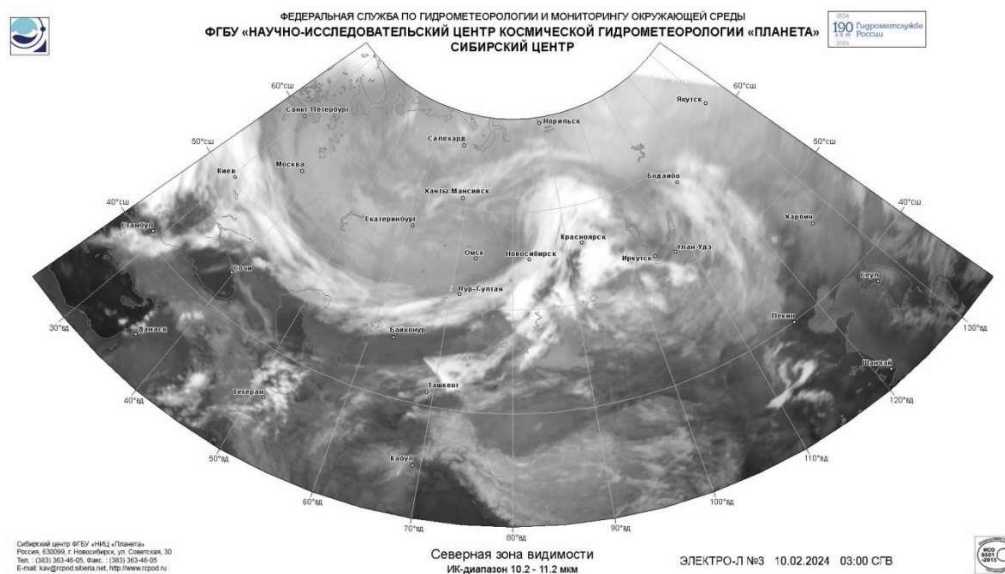


Рис. Облачная система атмосферных фронтов 10.02.2024 03:00 UTC
(Электро-Л, ИК-диапазон, северная зона видимости) [1]

Аэрологические условия [2] отражали статистическую неустойчивость атмосферы только по индексу Total Totals. Он в ряде случаев достигал значений около 50 °C и выше, что соответствует условиям формирования опасных конвективных явлений в неустойчивой атмосфере [3], при значениях индекса выше 55 °C (11 января и 26 марта в Красноярске) – высокую вероятность грозы. Остальные индексы не принимали значений, которые бы отражали развитие опасных конвективных явлений. Возможно, такая картина является следствием того, что аэрологическая сеть еще более разряжена, чем метеорологическая. Только для Красноярска в грозы 11.01.24, 10.02.24, для Новосибирска в грозу 10.01.24 индекс SWEAT превысил значение 250 (329,63; 318,98 и 254,04 соответственно), что говорит о наличии условий для сильных гроз. Также было выявлено, что К-индекс в период времени рядом с грозой в большинстве случаев менял знак. Это может являться одним из признаков зимней грозы, но требует проверки на материале других холодных сезонов.

Библиографический список

1. СЦ ФГБУ "НИЦ "Планета". Оперативная информация [Электронный ресурс]: URL: <https://worldview.earthdata.nasa.gov>. https://www.rcpod.ru/operativnaya-informatsiya/?SECTION_ID=32. (дата обращения: 24.05.2024).
2. University of Wyoming College of Engineering [Электронный ресурс]: URL: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> (дата обращения: 10.05.2024).
3. Гусейнов Н.Ш., Агаева А.А. Применение индексов неустойчивости атмосферы к оперативному прогнозированию грозы на основе модельных данных // Ученые записки РГГМУ. 2019. № 56. С. 30-37. DOI: 10.33933/2074-2762-2019-56-30-37 EDN: MNJNQL

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ЭВТРОФИРОВАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье представлены данные по использованию спектральных индексов NDWI, NDVI, TBDO, NDAI, MCARI, WAVI и NDTI для обнаружения скоплений фитопланктона и зарослей высших водных растений в четырех крупных водохранилищах Кировской области. Приведены результаты по анализу данных дистанционного зондирования Земли, полученных со спутников Landsat 5, Landsat 7 и Sentinel 2 за период с 2011 по 2023 годы.

Ключевые слова: фитопланктон, «цветение» воды, водоем, спектральные индексы

T.I. Kutyavina¹, V.V. Rutman¹, T.Y. Ashikhmina^{1,2}, kutyavinati@gmail.com

¹Vyatka State University, Kirov, Russia

²IB FRC Komi SC UB RAS, Syktывkar, Russia

EXPERIENCE IN USING REMOTE SENSING DATA TO STUDY THE PROCESSES OF EUTROPHICATION OF RESERVOIRS IN THE KIROV REGION

The article presents data on the use of spectral indices NDWI, NDVI, TBDO, NDAI, MCARI, WAVI and NDTI for detection of phytoplankton accumulations and thickets of higher aquatic plants in four large reservoirs of Kirov region. The results of the analysis of remote sensing data obtained from Landsat 5, Landsat 7 and Sentinel 2 satellites for the period from 2011 to 2023 are presented.

Keywords: phytoplankton, algae bloom, reservoir, spectral indices

Одной из основных экологических проблем урбанизированных территорий является увеличение масштабов загрязнения, а также интенсификация процессов эвтрофирования в водных объектах. При эвтрофировании часто наблюдается «цветение» воды – массовое развитие водорослей и цианобактерий, в том числе и потенциально токсичных, а также зарастание водоемов высшими водными растениями. Выявить участки интенсивного «цветения» воды и оценить степень зарастания водных объектов позволяет использование данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Данные ДЗЗ уже успешно применяются для геоэкологической оценки урбогеосистем [2] и анализа состояния сельскохозяйственных территорий [5], но для изучения водных экосистем применяются крайне редко.

Цель нашей работы – проанализировать развитие процессов эвтрофирования в крупнейших водохранилищах Кировской области с использованием данных ДЗЗ за период с 2011 по 2023 годы.

Кировская область находится на северо-востоке Русской равнины в центрально-восточной части Европейской России. Количество замкнутых водоемов региона (озер, прудов, водохранилищ) составляет более 5 тысяч, крупнейшими из них являются четыре водохранилища (Белохолуницкое, Омутнинское, Большое Кирсинское и Чернохолуницкое), расположенные в северной части Кировской области. Длина водохранилищ составляет от 4,5 до 11,6 км, ширина – 0,7–3,0 км, площадь зеркала – 2,3–17,4 км².

Для изучения крупных водных объектов с помощью данных ДЗЗ можно использовать различные спектральные индексы, например, нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI) [6], нормализованный разностный альгоиндекс (NDAI) [4] и др. В своей рабо-

те мы проводили расчёт семи спектральных индексов, формулы расчёта которых приведены в таблице.

Таблица

Спектральные индексы, используемые для построения цифровых карт
водохранилищ Кировской области

Спектральный индекс	Формула расчёта
Нормализованный разностный индекс воды (NDWI)	$NDWI = \frac{R_{NIR} - R_{SWIR}}{R_{NIR} + R_{SWIR}},$ <p>где R_{NIR} – отражение в ближней инфракрасной области спектра (канал B8), R_{SWIR} – отражение в дальнем инфракрасном диапазоне (B10)</p>
Нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI)	$NDVI = \frac{I_{NIR} - I_{RED}}{I_{NIR} + I_{RED}},$ <p>где I_{NIR} и I_R – яркость излучения поверхности в ближнем инфракрасном (B8) и красном (B4) диапазонах</p>
Индекс концентрации хлорофилла <i>a</i> (triband model of Dall’Olmo et al., TBDO)	$TBDO = R_{740} \cdot \left(\frac{1}{R_{665}} - \frac{1}{R_{705}} \right),$ <p>где R – отражательная способность при длинах волн 665 (B4), 705 (B5) и 740 нм (B6)</p>
Нормализованный разностный альгоиндекс (NDAI)	$NDAI = \frac{I_{GREEN} + 2I_{NIR} - I_{BLUE} - I_{RED}}{I_{GREEN} + 2I_{NIR} + I_{BLUE} + I_{RED}} + 0,5,$ <p>где I_{BLUE}, I_{GREEN}, I_{RED}, I_{NIR} – яркость излучения водного объекта в синем (B2), зелёном (B3), красном (B4) и ближнем инфракрасном (B8) диапазонах</p>
Модифицированный индекс поглощения хлорофилла (MCARI)	$MCARI = (R_{700} - R_{670}) - 0.2(R_{700} - R_{550}) \cdot (R_{700} / R_{670})$
Индекс растительности с поправкой на воду (WAVI)	$WAVI = (1 + L) \frac{R_{NIR} - R_{BLUE}}{(R_{NIR} + R_{BLUE} + L)},$ <p>где R_{NIR} – отражение в ближней инфракрасной области спектра (B8), R_{RED} – в красной области видимого спектра (B4), R_{BLUE} – в синей области видимого спектра (B2), L – поправочный коэффициент фона (растительного покрова), принимающий значения от 0 до 1 [7]</p>
Нормализованный разностный индекс мутности воды (NDTI)	$NDTI = \frac{R_{BLUE}}{R_{BLUE} + R_{GREEN} + R_{RED}},$ <p>где R_{BLUE}, R_{GREEN} и R_{RED} – отражательная способность в синем (B2), зелёном (B3) и красном (B4) диапазонах</p>

Примечание: номера каналов указаны для спутника Sentinel 2A.

Исходными данными для дешифрирования послужили мультиспектральные космические снимки со спутников Landsat 5 (с пространственным разрешением 30 м), Landsat 7 (с разрешением 30 м) и Sentinel 2 (с разрешением различных каналов от 10 до 60 м), находящиеся в открытом доступе на ресурсах: <https://earthexplorer.usgs.gov> и <https://eos.com>. Для работы выбирали малооблачные снимки, сделанные в период с мая по сентябрь в 2011–2023 гг., когда большинство водных растений находились в стадии вегетации. Всего был проанализирован 61 космический снимок.

С помощью NDWI были определены границы водохранилищ Кировской области и рассчитаны площади их акваторий. Было отмечено, что за период с 2011 по 2023 гг. площади акватории изучаемых водных объектов периодически увеличивались и уменьшались, что было связано с изменением уровня воды в водохранилищах в разные годы. К примеру, за период с 2016 по 2022 гг. площадь акватории Белохолуницкого водохранилища изменялась в пределах 14,79–16,08 км².

С помощью NDVI, TBDO и NDAI оценены пространственная и временная динамика распределения фитопланктона по Белохолуницкому, Омутнинскому, Большому Кирсинскому и Чернохолуницкому водохранилищам. Полученные данные сопоставлены с результатами подспутниковых наблюдений. Для NDVI, TBDO и NDAI характерно возрастание их величин в середине вегетационного сезона (июль, август), когда численность и биомасса фитопланктона в изучаемых водоемах достигает максимальных значений. Абсолютные значения индексов в течение вегетационного сезона изменялись в широких пределах в зависимости от степени развития фитопланктона. Например, величина NDVI изменялась от -1,00 до 0,42; TBDO – от -0,22 до 3,89; NDAI – от 0,14 до 1,05. С помощью цифровых карт, построенных по результатам расчета перечисленных спектральных индексов, удалось идентифицировать участки массового развития фитопланктона, определить примерное время начала и завершения периодов «цветения» воды. При сопоставлении расчётов NDVI и NDAI с данными подспутниковых наблюдений и результатами альгологического анализа было отмечено, что NDAI по сравнению с NDVI позволяет более точно оценивать степень развития фитопланктона при доминировании в нем цианобактерий, а при преобладании зеленых водорослей, что мы отмечали в Белохолуницком водохранилище, оба индекса одинаково информативны. Средние за вегетационный сезон величины NDVI, TBDO и NDAI в разные годы наблюдений также являются информативными показателями и могут быть использованы в мониторинговых исследованиях для оценки изменения экологического и трофического состояния водоемов.

Расчет NDVI, MCARI и WAVI позволил выявить заросли высших водных растений с плавающими на поверхности воды листьями и оценить степень зарастания водохранилищ. На основании подспутниковых наблюдений и результатов дешифрирования космических снимков было установлено, что зарастанию высшими водными растениями из всех изучаемых водоемов в большей степени подвержено Белохолуницкое водохранилище. Заросли высших водных растений с плавающими на поверхности воды листьями занимают в этом водоеме от 12 до 24% от общей площади акватории. Согласно классификации степени зарастания водоемов, предложенной В.Г. Папченковым [3], Белохолуницкое водохранилище является умеренно заросшим водоемом. Исходя из данных, полученных при расчёте спектральных индексов NDVI, MCARI и WAVI за период с 2011 по 2023 гг., отмечена тенденция к уменьшению степени зарастания Белохолуницкого и верховья Омутнинского водохранилищ.

Отдельный интерес для изучения процессов эвтрофирования и загрязнения воды в водоемах Кировской области представлял NDTI. Из литературных данных известно, что в периоды интенсивного развития фитопланктона, а также при образовании большого количества детрита в воде эвтрофных водоемов в период вегетации мутность воды возрастает [1]. Также мутность воды может возрастать при поступлении в водоем с водосбора неорганизованного ливневого стока. При использовании комплекса наземных и дистанционных методов анализа нам удалось выявить участки акваторий с повышенной мутностью, причинами которой были в одних случаях интенсивное развитие фитопланктона, а в других – поступление ливневых сточных вод с водосбора.

Таким образом, с помощью данных ДЗЗ оценены временная и пространственная динамика распределения фитопланктона по акваториям изучаемых водохранилищ и определена степень их зарастания высшими водными растениями. За период наблюдений с 2011 по 2023 гг. отмечено небольшое сокращение площадей зарастания водоемов. Степень развития фитопланктона в разные годы наблюдений в Белохолуницком, Омутнинском, Большом Кирсинском и Чернохолуницком водохранилищах отличалась, но в целом находилась на одном и

том же уровне, характерном для слабоэвтрофных водоемов. На примере водоемов Кировской области показана перспективность применения данных ДЗЗ для изучения процессов эвтрофирования водных объектов других регионов.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 23-77-01034).

Библиографический список

1. Даценко Ю.С. Эвтрофирование водохранилищ. Гидролого-гидрохимические аспекты. М.: ГЕОС, 2007. 252 с. ISBN: 5-89118-365-9 EDN: QKQQVF
2. Кочуров Б.И., Мовчан М.А. Применение геоинформационного моделирования и фрактального анализа при геоэкологической оценке урбогеосистем // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 2. С. 32-37. DOI: 10.25750/1995-4301-2023-2-032-037 EDN: FLPJNY
3. Папченков В.Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья. Ярославль: ЦМП МУБиНТ, 2001. 214 с. ISBN: 5-93002-039-6 EDN: SFYDZT
4. Силкин К.Ю. Методика оценки экологического состояния Воронежского водохранилища по материалам многозонального дистанционного зондирования // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2012. № 1. С. 220-223. EDN: OYQKRD
5. Фомин Д.С., Чащин А.Н. Пространственно-временной анализ влажности почв сельскохозяйственных полей // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 2. С. 113-119. DOI: 10.25750/1995-4301-2023-2-113-119 EDN: IZIASM
6. Rouse Jr.J., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. NASA Technical Reports Server, 1974. P. 309-317.
7. Villa P., Mousivand A., Bresciani M. Aquatic vegetation indices assessment through radiative transfer modeling and linear mixture simulation // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2014. No. 30. P. 113-127. DOI: 10.1016/j.jag.2014.01.017 EDN: SSUMLP

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ГЕОСТАТИСТИКИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ
АГРОГЕННЫХ И ПОСТАГРОГЕННЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ ПОЧВ
(НА ПРИМЕРЕ АНТИЧНОГО ЗЕМЕЛЬНОГО НАДЕЛА В КРЫМУ)**

В статье представлены результаты использования геостатистики для диагностики степени агрогенной трансформации почв в типичном земельном наделе античного времени. Сопоставление содержания геохимически подвижных химических элементов с содержанием стабильных (литогенных) элементов позволяет в постагрогенном горизонте почв диагностировать как результат ренатурации, так и реликтовые признаки агрогенной трансформации. Для территориальной дифференциации этих особенностей в границах античного землеустройства высокую информативность обеспечивает применение методов геостатистики.

Ключевые слова: геостатистика, античное землеустройство, биогеохимия почв

F. Lisetskii, A. Poletaev, fnliset@mail.ru
Belgorod State University, Belgorod, Russia

**APPLICATION OF GEOSTATISTICAL METHODS FOR DIAGNOSTICS
OF AGROGENIC AND POST-AGROGENIC SOIL TRANSFORMATIONS
(A CASE STUDY IN ANCIENT LAND PLOT, CRIMEA)**

The results of using geostatistics for diagnostics of the degree of agrogenic transformation of soils in a land allotment typical of ancient times are presented in the article. Correlating the content of geochemically mobile chemical elements with the content of stable (lithogenic) elements allows diagnosing both the result of renaturation and relict signs of agrogenic transformation in the post-agrogenic soil horizon. The territorial differentiation of these features within the boundaries of ancient land management is reliably ensured by the use of geostatistics methods.

Keywords: geostatistics, ancient land management, soil biogeochemistry

В древнеземледельческих районах античного землепользования за счет отражения в степных почвах длительного сельскохозяйственного использования могут быть установлены трансформации морфологического строения профиля и почвенных свойств эволюционной размерности [3]. Комплексное почвенно-генетическое и биогеохимическое изучение почв под виноградниками позволяет проводить дифференциацию по ампелоэкологическим критериям древнеземледельческих ландшафтов под многолетними насаждениями [2]. Объектом изучения выбран уникальный по сохранности земельный надел, связанный с усадьбой IV-II вв. до н. э., относящейся к херсонесской сельской округе (дальней хоре) Северо-Западного Крыма. Надел был открыт у мыса Ойрат в 1960-е гг. А.Н. Щегловым, который по аэрофотоснимкам и следам каменных оград определил границы шести частей усадебного надела под полеводство, виноградарство и садоводство [6]. Путем визуального осмотра ориентации оград исследователь составил схему землеустройства, по которой в составе надела было выделено шесть разновеликих полей, три из них (почти 70%) общей площади занимали виноградники, которые маркировались по плантажным стенам, отстоящих друг от друга в среднем на 2 м (ширина рабочей полосы 1,3-1,5 м). Принципиально новое понимание системы землеустройства было получено по результатам геомагнитной съемки 2011 г., когда была определена общая площадь земельного участка в 7,7 га (210×371 м) [5].

Следует отметить, что в рамках концепции терруара [9], по которой особенности земельного участка с многолетними насаждениями определяются такими ключевыми факторами, как климат и почва, практики виноградарства, перенесенные с Юго-Западного Крыма (Герacleйский п-ов), должны были адаптироваться к отличающемуся району виноградарства в Северо-Западном Крыму [4]. Однако, в наделе у мыса Ойрат и модули землеустройства, и технологии обработки почв аналогичны херсонесским. Приусадебный надел по результатам объективной реконструкции [5] делится на западную прямоугольную часть (3×4 стандартных модуля античного землеустройства (52,5×52,5 м)) и восточную – квадратной формы (4×4 модуля). Плантажные стены на участке южной экспозиции были ориентированы с СЗ на ЮВ по градиенту слабопологого склона, что, как считается [5], обеспечивало лучшие условия для освещённости и дренажа. При проведении плантажа (создании стен) выборка затронула камни со средним размером ($n=31$) 18 см на 13 см. Созданные под виноградный плантаж междурядья имеют в настоящее время мощность гумусового горизонта от 33 до 36 см.

В позднеантичное время плантажные стены были разобраны на глубину вспашки под полевые культуры, что затронуло центральную зону надела. В это же время в западной части 4 крайних поля были переорганизованы (стены плантажа через один ряд были разобраны для укрепления оставшихся оград, что позволило увеличить ширину междурядий до 5 м под садово-виноградный массив: плодовые деревья выступали опорой для виноградного растения). При перепланировке в этом виде плантажа выборка стен затронула толщу до 70 см. (Вблизи городища Калос-Лимен, по времени функционирования синхронного усадьбе у м. Ойрат аналогичная перепланировка виноградника под садово-виноградный плантаж и зерновые культуры приходится на 90-80-е гг. III в. до н. э. (через 40-50 лет после первой закладки виноградника)). Перепланировке в восточной части надела у м. Ойрат не были подвергнуты два поля со стандартным модулем, сохранившие специализацию на выращивании винограда.

Координаты 34 точек, где проводили отбор почвенных образцов, были установлены с помощью высокоточного GNSS приемника (*Trimble*). Использование навигатора такого класса была обусловлена необходимостью точного определения мест отбора почв между стенами плантажа (при расстоянии междурядий от 2 до 5 м) с последующей верификацией по привязанной схеме результатов геомагнитной съемки [8]. База данных координат мест отбора почвенных образцов была сконвертирована в точечный слой объектов в ПО *ArcGIS*.

Почва – карболитозем турбированный среднесуглинистый (доля частиц < 0,01 мм составляла от 32 до 40%) слабощепнистый. Отборы почвенных образцов проводили ниже дернового горизонта (при его наличии) в слое ренатурации почв от 3(4) до 16 см и на аналогичной глубине в почвах фоновых территорий (в окрестностях, но вне зоны античного размежевания). Содержание 23 макро- и микроэлементов было определено методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа на спектрометре «Спектроскан МАКС-GV». Эти результаты в базе данных координат были присоединены к таблице атрибутов точечного слоя объектов. Классификационное сходство объектов определяли путем интерпретации результатов кластерного анализа (метод Уорда, Евклидова дистанция, значения были нормированы по среднеквадратическому отклонению).

Исследование опирается на ранее полученный опыт использования комплекса геохимических показателей для реконструкции границ агрохозяйственных зон вблизи античной Керкинитиды (VI в. до н. э. – II в. до н. э.) [7], применяя геостатистические методы [1]. В частности, были использованы уже апробированные 6 диагностических показателей, которые могут выступать индикаторами длительности и интенсивности земледельческой нагрузки на почвы:

$$S_1 = \frac{Rb}{Sr}, S_2 = \frac{Ba}{Sr}, S_3 = \sum(Ni, Cu, Cr, Ba, V, Pb), S_4 = \frac{Ca+Sr+Mg+Na}{Ti}, \\ S_5 = \frac{Fe+Al}{Ca+Na+Mg}, S_6 = \frac{Ca+Mg+10*P}{Ti}.$$

При разной структуре показателей $S_1 - S_6$ они характеризуют отдельные аспекты педогенных процессов, преимущественно выноса (выщелачивания) или накопления химических элементов. Причем результаты агрогенных воздействий на почвы диагностируются через увеличение (для S_4, S_6) или уменьшение (для S_{1-3}, S_5) величин показателей. В этой связи нормирование значений показателей выполняли по соответствующим формулам:

$$x_{n(i)} = \frac{x_i}{x_{\max(i)}} \text{ (для } S_{1-3,5}) \text{ и } x_{n(i)} = \frac{x_{\min(i)}}{x_i} \text{ (для } S_{4,6}),$$

где $x_{n(i)}$ – нормированные значения показателей; x_i – абсолютные значения показателей; $x_{\min(i)}$, $x_{\max(i)}$ – минимальные и максимальные значения i -го показателя.

Интегральный показатель агрогенных изменений почв (S_Σ) определялся путем суммирования нормированных значений диагностических показателей для каждой из 34 точек отбора почвенных образцов. С помощью интерполяции по методу обратно-взвешенных расстояний (ОВР) была построена картосхема распределения интегрального показателя S_Σ .

Результаты иерархической классификации постагрогенных почв (Рис. 1) показали, что почвы под садово-виноградным плантажем по сравнению с почвами фоновых территорий в большей степени обогащены такими химическими элементами, как As, Ca и S, а также отличаются по меньшей концентрации свинца.

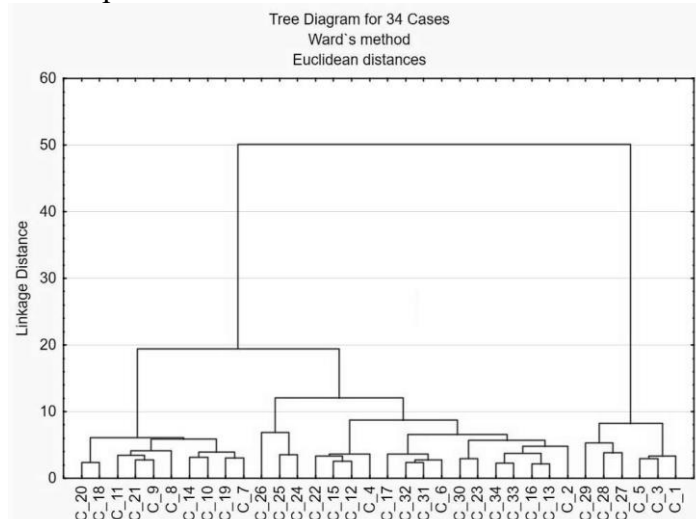


Рис. 1. Дендрограмма кластерного анализа по 23 макро-и микроэлементам в постагрогенном горизонте почв в античном земельном наделе на мысе Ойрат

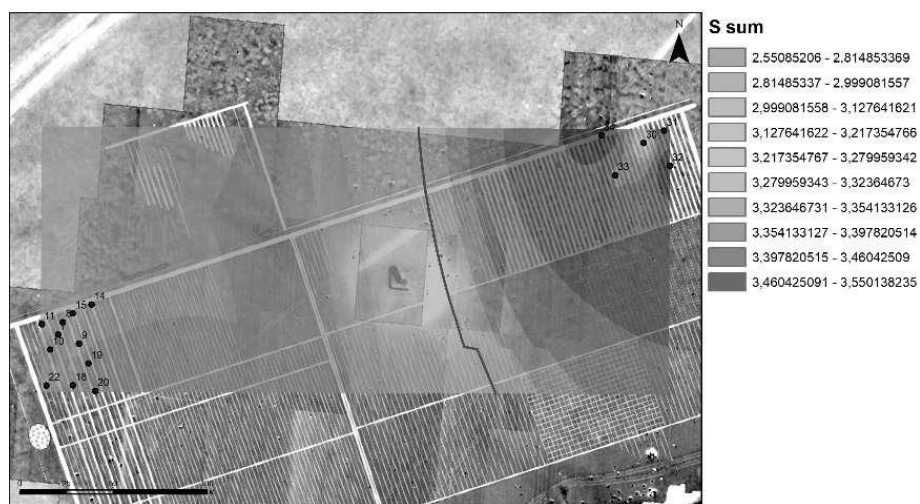


Рис. 2. Распределение интегрального показателя агрогенных изменений почв (S_Σ) в пределах земельного участка на мысе Ойрат. В подложке – результаты реконструкции системы античного землепользования на основе геомагнитной съемки [8]

Для постагрогенных почв под виноградным плантажем в сравнении с фоновыми условиями отмечается более высокое содержание As, Cu, Zr. Реликтовые признаки различий в агрогенной трансформации почв под многолетними насаждениями наиболее ясно проявляются, если сравнивать постагрогенные почвы под виноградным плантажем (с узкими (2 м) междурядьями) с почвами под садово-виноградным плантажем с широкими междурядьями (5

м). Первые из них отличаются от вторых более высоким содержанием в почве следующего ансамбля элементов (Pb, V, Cu, Zr, Rb, Fe, Si, Ni), а также пониженным содержанием Ca, Na, Sr.

Анализ территориальных закономерностей распределения интегрального показателя S_{sum} (S_{Σ}) позволяет обосновать основную границу биогеохимической разнородности постагрогенных почв под виноградным плантажем (в северо-восточной части земельного участка), где установлены величины S_{Σ} от 3,27 до 3,55, и под садово-виноградным плантажем (в юго-западной части земельного участка), где величины S_{Σ} снижаются от 2,55 до 3,22 (Рис. 2). С точки зрения потенциального плодородия постагрогенные почвы под виноградным плантажем можно оценить как более плодородные по сравнению с почвами под садово-виноградным плантажем, так как у первых сумма биофильных элементов (K, Mn, Fe, Ni, Zn, Cu) на 9,6 % больше, а сумма литогенных элементов (Ca, Sr, Mg, Na) на 10,5 % меньше. Основная причина указанных различий заключается в различиях интенсивности трансформации корнеобитаемого слоя (садово-виноградный плантаж в юго-западной части земельного участка был вторичным после создания плантажа под виноградник). Определенное влияние оказывало также более высокое гипсометрическое положение северо-восточной части земельного участка, и то обстоятельство, что более низкой интенсивности водно-эрозионных процессов могло способствовать сохранение узких (шириной 2 м) междурядий за весь период античного земледелия.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-17-00169, <https://rscf.ru/project/23-17-00169/>

Библиографический список

1. Буряк Ж.А. Лисецкий Ф.Н., Маринина О.А. Использование ГИС-технологий и гео-статистики для дифференциации агрохозяйственных зон древнеземледельческих районов // Геоинформатика. 2016. № 4. С. 28-35. EDN: XDMUAB
2. Зеленская Е.Я., Маринина О.А. Геоэкологическая оценка почв в основных районах виноградарства Крымского полуострова//Региональные геосистемы. 2021.Т.45. №2.С.258-268. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-258-268 EDN: KLUYLN
3. Лисецкий Ф.Н., Бызов А.А. Изменение почв Сухой Степи при длительном сельскохозяйственном использовании // Материалы Всесоюзной научно-практической конференции "Вклад молодых ученых и специалистов в интенсификацию сельскохозяйственного производства". Ч. 2, Алма-Ата / Казахский сельскохозяйственный институт. 1989. С. 80-81. EDN: RJJLHC
4. Лисецкий Ф.Н., Зеленская Е.Я. Ампелопедологические особенности географических районов виноградарства Крыма // Почвоведение. 2022. № 12. С. 15401556. DOI: 10.31857/S0032180X22600688 EDN: OWKFCE
5. Смекалова Т.Н. Еще раз об античном наделе у мыса Ойрат в Северо-Западном Крыму // Вестник древней истории. 2013. № 2. С. 127-147. EDN: QMVZBT
6. Щеглов А.Н. Полис и хора. Симферополь: Таврия, 1976. 176 с.
7. Lisetskii F.N., Smekalova T.N., Marinina O.A. Biogeochemical features of fallow lands in the steppe zone // Contemporary Problems of Ecology. 2016. Vol. 9. No. 3. P. 366-375. DOI: 10.1134/S1995425516030094 EDN: WVXYPT
8. Smekalova T.N., Bevan B.W., Chudin A.V., Garipov A.S. The discovery of an ancient Greek vineyard // Archaeological Prospection. 2016. Vol. 23. No. 1. P. 15-26. DOI: 10.1002/arp.1517 EDN: WNOODD
9. Van Leeuwen C., Seguin G. The concept of terroir in viticulture. Journal of wine research. 2006. Vol. 17. No. 1. P. 1-10. DOI: 10.1080/09571260600633135

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ЭРОЗИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕЛЬЕФА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМЫХ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА

В настоящее время с сети интернет в открытом доступе появилось несколько новых глобальных ЦМР (NASADEM, FABDEM, Copernicus GLO-30), которые можно было бы использовать для получения эрозионного потенциала рельефа и оценки модельных эрозионных потерь почвы, в том числе в пределах Европейской территории России, где сосредоточены основные пахотные земли РФ. Анализ ошибок эрозионного потенциала рельефа, проведенный в ходе исследования, показывает, что наименьшие ошибки получаются при использовании модели FABDEM.

Ключевые слова: цифровая модель рельефа, NASADEM, Copernicus GLO-30, FABDEM, Европейская территория России

K.A. Maltsev, S.N. Talipova, I.I. Magzyanov, A.A. Somov, T.S. Maltseva
Kazan Federal University, Kazan, Russia

ACCURACY ANALYSIS OF LS-FACTOR USING FREELY AVAILABLE DIGITAL ELEVATION MODELS

Currently, several new global DEMs (NASADEM, FABDEM, Copernicus GLO-30) have appeared in the public domain on the Internet, which could be used to obtain the LS-factor's values and assess soil erosion losses, including within the European territory of Russia, where the main arable lands of the Russian Federation are located. Analysis of LS-factor's errors shows that the smallest errors are obtained when using the FABDEM model.

Keywords: digital elevation model, NASADEM, Copernicus GLO-30, FABDEM, European territory of Russia, LS-factor

Введение

Почва является не возобновимым ресурсом человечества и основой продовольственной независимости РФ. Среди всего многообразия процессов, деградирующих почвенный покров в Европейской части России, основным процессом деградации пахотных земель является водная эрозия почв [1].

Картографирование интенсивности почвенной эрозии осуществляется на основе моделей. В настоящий момент существует множество моделей для прогнозирования потерь почвы, хороший обзор которых дан в работах, как зарубежных [3], так и отечественных исследователей [2].

Среди всех этих моделей наиболее часто используемыми являются: USLE [13], WaTEM/SEDEM [12] и RUSLE [11]. Во всех этих моделях одним из важных параметров является LS-фактор, определяющий эрозионный потенциал рельефа и рассчитывающийся в ГИС на основе ЦМР.

На настоящий день существует несколько глобальных ЦМР, данные которых можно использовать для этих целей. Особенно актуальными становятся данные глобальных ЦМР при исследовании больших территорий (сотни квадратных километров и более), поскольку получить ЦМР другими методами очень дорого.

В то же время, поскольку глобальные ЦМР были созданы с использованием данных дистанционного зондирования Земли, они содержат ошибки, величину которых необходимо оценивать.

В последнее время появилось несколько свободно распространяемых моделей рельефа глобального охвата, имеющих пространственную детальность 1 угловая секунда (25-30 м.) и детальнее: Copernicus GLO-30 DEM; FABDEM [7]; NASADEM [4]; ArcticDEM [10]. Оценка ошибок этих моделей была произведена в разных публикациях [8], [6] с использованием самых разнообразных показателей. Однако эти исследования выполнены на тестовых территориях за пределами России и оценивают чаще всего ошибки высот, а не LS-фактора.

Поэтому целью нашей работы является оценка ошибок эрозионного потенциала рельефа (LS-фактора), получаемых с использованием новых глобальных ЦМР (Copernicus GLO-30 DEM, NASADEM, FABDEM) в пределах пахотных угодий трех тестовых участков на Европейской территории России.

Исследуемая территория

Исследование было выполнено в пределах трех тестовых участков, расположенных в Воронежской, Саратовской и Оренбургской областях. Площадь каждого участка колеблется в пределах от 320-330 км².

Методика и исходные данные

В качестве исходных данных использовались глобальные ЦМР: Copernicus GLO-30, NASADEM, FABDEM, LS-фактор которых, был сравнен с аналогичным показателем, рассчитанным по моделям ASTER GDEM v.2, SRTM C-SIR, AW3D30, а также с эталонной ЦМР, построенной по данным топографической карты крупного масштаба. Кроме этого, для оцифровки границ пахотных угодий использовались снимки Landsat 8, которые были получены с сайта геологической службы США [9].

Величина эрозионного потенциала рельефа была оценена с использованием формулы, предложенной [5] реализованной в программном обеспечении SAGA.

Оценка погрешности эрозионного потенциала рельефа осуществлялась на основе вычисления разности показателей между проверочными моделями и глобальными по формуле(1):

$$\Delta A = A_{\text{пров}} - A_{\text{цмр}}, (1)$$

где ΔA – разность эрозионного потенциала рельефа, $A_{\text{пров}}$ – эрозионный потенциал рельефа на проверочной модели рельефа, $A_{\text{цмр}}$ – эрозионный потенциал рельефа глобальных ЦМР.

Далее был произведен статистический анализ полученных значений ошибок. Были рассчитаны несколько статистических показателей: средняя ошибка (ME); средняя абсолютная ошибка (MAE).

Результаты

В результате проведенного анализа можно сказать, что наименьшая ошибка эрозионного потенциала рельефа в пределах всех тестовых территорий свойственна глобальной модели FABDEM. Модель FABDEM позволяет получить значения LS-фактора со средними абсолютными ошибками на 38-45% меньше при анализе в пределах пахотных угодий. Кроме этого, необходимо отметить, что все «новые» ЦМР (FABDEM, Copernicus GLO-30, NASADEM) позволяют получить значения эрозионного потенциала рельефа с меньшими ошибками, чем «старые» модели (AW3D30, ASTER GDEM v.2, SRTM C-SIR). Единственным участком, где модель NASADEM показывает несколько большие ошибки, чем модели AW3D30 и SRTM, является участок в Воронежской области.

Статистические показатели ошибок эрозионного потенциала рельефа
для различных участков на территории пашен

Статистический показатель	NASA DEM	FABDEM	COP. GLO-30	AW3D30	ASTER	SRTM
Участок 1- Воронежская область						
Средняя ошибка	-0.227	-0.004	-0.004	0.139	0.740	0.055
Средняя абсолютная ошибка	0.248	0.091	0.096	0.232	0.794	0.167
Участок 2 – Саратовская область						
Средняя ошибка	0.031	-0.013	0.009	0.098	-0.305	0.037
Средняя абсолютная ошибка	0.203	0.147	0.148	0.294	0.352	0.259
Участок 3 – Оренбургская область						
Средняя ошибка	0.013	-0.016	-0.017	0.083	1.017	0.011
Средняя абсолютная ошибка	0.144	0.094	0.104	0.198	1.084	0.153

Заключение

В работе был проведен анализ точности значений эрозионного потенциала рельефа, которые были получены на основе «новых» глобальных ЦМР (NASADEM, FABDEM, Copernicus GLO-30). Полученные результаты были сравнены с данными, полученными на основе «старых» ЦМР (SRTM C-SIR, ASTERGDEM v.2, AW3D30), в пределах трех тестовых участков, расположенных в Воронежской, Саратовской и Оренбургской областях.

Проведенный анализ ошибок эрозионного потенциала рельефа показывает, что модель FABDEM позволяет получить наименьшие ошибки эрозионного потенциала рельефа (LS-фактор). При использовании FABDEM ошибки сокращаются на 38-45% в пределах пашен. Использование большинства из рассмотренных «новых» ЦМР позволяет получить значения эрозионного потенциала рельефа с меньшими ошибками, чем при использовании старых моделей (SRTM, AW3D30, ASTER GDEM v.2).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-17-00025, <https://rscf.ru/project/22-17-00025/>.

Библиографический список

1. Литвин Л.Ф. География эрозии почв сельскохозяйственных земель России. М.: Академкнига, 2002. 255 с.
2. Эрозионно-русловые системы: монография / под науч. ред. Р.С. Чалова, А.Ю. Сидорчука, В.Н. Голосова. М.: ИНФРА-М, 2017. 698 с.
3. Borrelli P., Alewell C., Alvarez P. и др. Soil erosion modelling: A global review and statistical analysis // Sci. Total Environ. 2021. Vol. 780. 146494. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.146494 EDN: NXDACP
4. Buckley S.M., Agram P.S., Belz J.E., Crippen R.E., Gurrola E.M., Hensley S., Kobrick M. NASADEM: User Guide. Pasadena, California, 2020. 52 p.
5. Desmet P.J.J., Govers G.A. GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units // Journal of Soil and Water Conservation. 1996. Vol. 51. P. 427-433.

6. Ghannadi A., Alebooye S., Izadi M. Vertical accuracy assessment of copernicus DEM (case study: Tehran and Jam cities) // ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. 2023. Vol. X-4/W1-202. P. 209 – 214. DOI: 10.5194/isprs-annals-X-4-W1-2022-209-2023 EDN: PAOYFU
7. Hawker L., Uhe P., Paulo L., Sosa J., Savage J., Sampson C., Neal J. A 30m global map of elevation with forests and buildings removed // Environ. Res. Lett. 2022. Vol. 2(17). 024016. DOI: 10.1088/1748-9326/ac4d4f EDN: AUPPCP
8. Meadows M., Jones S., Reinke K. Vertical accuracy assessment of freely available global DEMs (FABDEM, Copernicus DEM, NASADEM, AW3D30 and SRTM) in flood-prone environments // Int. J. Digit. Earth 2024. Vol. 17. 2308734. DOI: 10.1080/17538947.2024.2308734 EDN: FICKTJ
9. USGS EROS Archive – Products Overview URL: <https://lta.cr.usgs.gov> (дата обращения 01.06.2020).
10. Porter, C., Morin, P., Howat, I., et. al. ArcticDEM, Version 3. [2018]. URL: <https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=>. DOI: 10.7910/DVN/OHHUKH
11. Renard K.G., Foster G.R. Weesies G.A., McCool D.K., Yoder D.C. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Washington: U.S. Government Printing Office, 1997. 384 p.
12. Van Rompaey A.J.J., Verstraeten G., Van Oost K., Govers G., Poesen J. Modelling mean annual sediment yield using a distributed approach // Earth Surf. Process. Landforms. 2001. Vol. 26. P. 1221 – 1236. DOI: 10.1002/esp.275
13. Wischmeier W.H., Smith D.D. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. Washington: U.S. Government Printing Office, 1978. 67 p.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ В РАЗНЫХ МАСШТАБАХ

Предложена технология моделирования климатических показателей для горных территорий на примере Кавказских гор, Уральских гор и хребта Сихотэ-Алинь. Проведена оценка точности полученных моделей, их сравнение с популярной глобальной климатической моделью WorldClim. Составлены разномасштабные карты распределения климатических показателей.

Ключевые слова: географически взвешенная регрессия, картографирование климата, горные территории, климатические модели

S. Matveyets, N. Tulskaia, A. Karpachevskiy, matveez02@mail.ru
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

MODELLING AND MAPPING OF CLIMATE PARAMETERS FOR MOUNTAINOUS AREAS IN DIFFERENT SCALES

The technology of modelling climate parameters for mountainous areas by example of Caucasus Mountains, Ural Mountains, Sikhote-Alin Mountains is suggested. The estimation of accuracy of the models and comparison between them and popular global climate model WorldClim are made. Multiscale maps of distribution of climate parameters are made.

Keywords: geographically weighted regression, mapping of climate, mountainous areas, climate models

Метеорологические и климатические процессы имеют глобальный характер и планетарное распространение, поэтому для их изучения и прогнозирования достаточно использовать данные низкого пространственного разрешения: 1 км и более. Например, набор данных WorldClim, пространственное разрешение которого варьирует от 30" до 10', охватывает всю поверхность суши, за исключением Антарктиды, и является широко используемым для изучения и картографирования климата. Такое разрешение подходит для рассмотрения климата равнин или обширных акваторий, однако для горных территорий, где условия могут резко меняться на небольших в плане площадях ввиду различной экспозиции склонов, высоты и других факторов, требуются гораздо более детальные данные. Данные низкого пространственного разрешения в таких случаях оказываются нерепрезентативными, все локальные изменения показателей сглаживаются или вовсе стираются.

Вместе с тем, для улучшения пространственного разрешения данных требуется их избыточность. Наиболее надежным источником метеорологических и климатических данных являются архивы наблюдений на метеорологических станциях, однако покрытие ими Земли неравномерно. Для горных территорий проблема стоит еще более остро: вследствие их труднодоступности и сложностей освоения, количество точек наблюдения там значительно снижается. Для решения задачи данные наземных измерений можно сочетать с данными реанализа, построенными по регулярной сетке. Такой подход поможет решить проблему недостаточности данных и их неравномерного распределения.

Для проведения исследования были выбраны три горные системы: Кавказские горы, Уральские горы и хребет Сихотэ-Алинь. Каждая из них имеет заранее известные и поддающиеся математическому описанию особенности пространственного и сезонного распределения метеорологических показателей, и поэтому хорошо подходит для моделирования. Кавказские горы выходят к побережью внутреннего моря, Уральские горы вытянуты субмериди-

анально с севера на юг, а хребет Сихотэ-Алинь расположен в условиях муссонного климата. Таким образом, все эти территории приурочены к разным типам климата и расположены на разных гипсометрических уровнях, что позволит оценить универсальность предлагаемой методики моделирования.

В рамках исследования была разработана технология автоматизированного моделирования методом географически взвешенной регрессии (далее ГВР) и созданы разномасштабные карты климатических показателей на горные территории на основе данных моделирования.

Для моделирования был выбран метод географически взвешенной регрессии, так как он позволяет учитывать изменяющиеся в пространстве отношения между факторами. В основе метода лежит функция регрессии, отражающая зависимость явления от влияющих на него факторов. Веса в ней определяются для каждой точки с данными:

$$y_i = \beta_{0i} + \beta_{1i}x_{1i} + \beta_{2i}x_{2i} + \dots + \beta_{mi}x_{mi} + \epsilon_i,$$

где β – область оценки параметров модели, $0i, \dots, mi$ – точки с исходными данными. β ограничивается окрестностью точки i путем применения весовых коэффициентов к независимым переменным:

$$\beta'(i) = (X^T W(i) X)^{-1} X^T W(i) Y,$$

где $W(i)$ – матрица весов точки i . Коэффициенты подбираются таким образом, что близкие локации получают более высокий вес. Матрица имеет размер $n \times n$, где n – число точек с исходными данными. По её диагонали расположены значения веса каждой точки при локальной оценке параметров в текущей точке [1].

Для оценки качества моделей использовались следующие характеристики: уточненный коэффициент детерминации, информационный критерий Акаике, кросс-валидация.

В качестве картографируемых показателей выбраны: средняя температура воздуха в январе и июле, среднее месячное количество осадков в январе и июле. Источником информации стали данные наземных измерений на метеорологических станциях, полученные с сайта Погода и климат [2], а также данные реанализа с сайта NASA POWER (пространственное разрешение – 30'). В качестве показателей, отражающих влияние климатообразующих факторов на картографируемые величины, были выбраны: суммарная солнечная радиация [5], индекс биомассы [6], NDVI [3], ЦМР [4], растры удаленности от моря (построен в ПО ArcMap) и индекса расчленённости рельефа (построен в ПО SAGA). Эти показатели подобраны с опорой на список главных климатообразующих факторов: географическая широта – суммарная солнечная радиация; характер подстилающей поверхности (растительность) – NDVI, индекс биомассы; орография – ЦМР и индекс расчленённости рельефа; влияние океана (континентальность) – удалённость от моря. Выбор конкретно этих показателей обусловлен тем, что при моделировании необходимо использовать количественные показатели, характеризующие климатические факторы.

Вследствие сбора данных из различных источников их пространственное разрешение оказалось значительно различающимся (таблица). Из этого следует проблема выбора пространственного разрешения итоговых моделей. Для ее решения было решено строить растры различного пространственного разрешения и выбирать наилучшие из них путем сравнения характеристик качества моделей.

В значительной степени результат ГВР определяет выбранный набор параметров модели. Для определения их комбинаций, дающих наилучший результат, было также решено проводить сравнение полученных моделей по характеристикам их качества. Среди экспериментально подбираемых параметров были вид весовой функции и радиуса ее ядра, ширина полосы пропускания или число соседей.

Всего было построено 644 модели, из которых было отобрано 36 наилучших. В ходе проведения экспериментов были сделаны некоторые выводы:

- изменение пространственного разрешения оказывает незначительное влияние на качество моделей и это изменение не закономерно, что говорит о применимости метода для картографирования на различных масштабных уровнях;

- в общем случае, качество моделей было выше при выборе биквадратной функции ядра;
- возникшие проблемы при построении моделей распределения осадков на территорию Уральских гор и хребта Сихотэ-Алинь связаны с неплотной и неравномерной сетью метеостанций в этих регионах;
- наихудшие результаты были получены при моделировании осадков на территории хребта Сихотэ-Алинь, что можно связать с характером распространения явления: метод плохо справляется с моделированием равномерно распределенных показателей и генерирует ей несуществующие колебания;
- наивысшие значения характеристик качества были получены на территории Уральских гор в связи с наиболее линейным и легко математически описываемым распределением значений характеристик в этом регионе.

Таблица

Перечень независимых параметров моделей
с указанием пространственного разрешения растров

Независимый показатель модели, ед. измерения	Источник	Разрешение после перепроецирования, м
Суммарная прямая солнечная радиация (Вт/м ²)	NASA POWER	23600
Удалённость от моря (м)	Построено в QGIS	3350,4
Запас биомассы (т/га)	PANGAEA	76
Нормализованный вегетационный индекс	EarthData	973,9
ЦМР (м) – SRTM	EarthExplorer	23,4
Индекс расчленённости рельефа	Построено в SAGA	23,4

Также было проведено сравнение полученных моделей с глобальной моделью WorldClim. Было замечено серьезное расхождение между моделями на наиболее возвышенных участках территории исследования. Так как построенные в ходе данного исследования модели основаны на данных метеорологических станций и оценены по степени сходства с измерениями на них, можно сделать вывод о значительном отклонении модели WorldClim от данных наземных измерений. Это делает их непригодными для картографирования в крупных масштабах.

На основе наиболее удачных моделей были составлены карты средних июльских температур и суммарных январских осадков на территории исследования в масштабах 1:200 000, 1:2 000 000 и 1:20 000 000.

Таким образом, модели, построенные в ходе проведения работ, характеризующиеся высокими значениями характеристик качества, показали высокую степень достоверности при сравнении с данными инструментальных измерений. Кроме того, качество моделей различного пространственного разрешения отличалось друг от друга незначительно. Это говорит о том, разработанная методика может быть применима для картографирования климатических показателей на различных масштабных уровнях.

Библиографический список

1. Самсонов Т.Е. Пространственная статистика и моделирование на языке R. М.: Географический факультет МГУ, 2023. [электронный ресурс]. – URL: tsamsonov.github.io/r-spatstat-course/gwr.html
2. Погода и климат: [электронный ресурс]. – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/>
3. EarthData: [электронный ресурс]. – URL: search.earthdata.nasa.gov/
4. EarthExplorer: [электронный ресурс]. – URL: earthexplorer.usgs.gov/
5. NASA POWER: Prediction of Worldwide Energy Resources: [электронный ресурс]. – URL: power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/
6. PANGAEA: Data Publisher for Earth & Environmental Science: [электронный ресурс] – URL: doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.894711?format=html#download
7. Worldclim: [электронный ресурс]. – URL: <https://worldclim.org/>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ОВРАЖНОЙ ЭРОЗИИ

В статье рассматриваются основные преимущества космических снимков для картографирования овражной эрозии. Современные космические снимки характеризуются высоким качеством, наличием большого архива материалов в открытом доступе в цифровом виде и за разные временные интервалы. Их использование позволяет надежно картографировать и определять различные показатели заовраженности территории широким арсеналом средств.

Ключевые слова: овражная эрозия, космические снимки, овраги.

R. Medvedeva, O. Yermolaev, gregina8@mail.ru
Kazan Federal University, Kazan, Russia

APPLYING REMOTE SENSING DATA TO MAP GULLY EROSION

The article is devoted to the main advantages of satellite images for mapping gully erosion. Modern satellite images are characterized by high quality, distributed free of charge and over different time intervals. Their use makes it possible to determine various gully erosion indicators.

Keywords: gully erosion, satellite imagery, gullies

Сбор фактического материала о заовраженности территории и скорости роста оврагов возможен различными методами. Использование с этой целью полевых исследований требует значительных временных и материальных затрат. Тогда как методы картографирования оврагов и их динамики, путем анализа разновременных топографических карт, а также дешифрирования аэрофо- и космических снимков за разные периоды, особенно для значительных по площади территорий, – существенно ускоряют и облегчают решение этой задачи. Этот инструментарий уже длительное время успешно используется в изучении овражной эрозии в разных регионах Земли. Важным является вопрос объективности отображения овражных форм на разных материалах, преимуществ и недостатков каждого из перечисленных методов.

Преимущества использования аэрофотоснимков как исходного материала при картировании оврагов, составлении карт густоты овражно-балочного расчленения были определены еще во второй половине XX века. Их использование позволяло преодолеть основные недостатки топографических карт, такие как (по Дуглаву В.А., 1964): 1) узкие овраги и балки часто наносятся одним условным знаком; 2) крутосклонные лощины и балки оказываются нанесенными условными знаками оврагов; 3) из-за определенной высоты сечения горизонталей на топографических картах большое количество форм эрозионного рельефа, особенно лощин и балок, глубиной меньше 10-5 м на картах не выражено совсем; 4) неточно наносится протяженность форм; 5) особенно неточно наносятся овраги, лощины, расположенные в лесу. Также отмечается, что аэрофотоснимки являются наиболее удобным и достоверным исходным материалом для изучения и картирования эрозионного рельефа: а) на них отражается вся картина современного рельефа; б) это более новый материал, по сравнению с имеющимися в пользовании топографическими картами; в) аэрофотоснимки имеют более крупный масштаб; г) на них можно проследить развитие эрозионных форм путем сравнения, особенно оврагов; д) они дают возможность правильно классифицировать формы эрозионного рельефа по стадиям развития [2].

Сравнение отображений овражных форм на топографической карте и космическом снимке (рис.) позволило сделать следующие выводы:

1) очертания овражной формы на топографической карте более сглаженные, что может свидетельствовать о потере части отвержков при её составлении;

2) карта отражает профессиональное видение её составителя, в данном случае космических снимков можно выделить как более объективный источник информации, отражающий реальную картину оврагообразования на этот период времени;

3) как правило, на карте многие промоины обозначены как овраги, что дает завышенные (иногда в разы!) показатели овражности.

Современные космические снимки характеризуются высоким качеством, распространяются на бесплатной основе в цифровом виде и за разные временные интервалы. Их использование позволяет определить различные показатели заовраженности территории. Густота овражной сети, пожалуй, ключевой количественный показатель, определяющий степень (интенсивность) овражного расчленения территории через суммарную протяженность оврагов, отнесенной к единице площади. Для более полной характеристики овражного расчленения территории используется также показатель плотности оврагов – количество вершин оврагов на единицу площади. Сочетание этих двух показателей дает возможность судить об активности и динамике овражной эрозии.

Наиболее информативными в изучении овражной эрозии являются осенние и весенние снимки. На зимних снимках хорошо видны тальвеги оврагов, но на них сложно выделить бровку, а также возникают трудности в определении стадии развития оврага.

Стадии развития овражных форм хорошо прослеживаются на летних снимках, но к их недостаткам можно отнести то, что под густой растительностью сложно дешифрируются донные овраги. Условием повышения качества результатов дешифрирования служит наличие нескольких снимков, полученных в разные сезоны года.

Высокие требования предъявляются к качеству съемочных материалов, а именно к их разрешению. Установлено, что для надежного дешифрирования овражных форм могут быть использованы космические снимки, синтезированные в естественных цветах с разрешением 0,5-1,5 м, которые относятся к снимкам высокого и сверхвысокого разрешения: на них выявляются овраги всех типов и стадий развития [3].

Картографический метод является одним из основных при изучении и пространственно-временной оценки овражной эрозии. Он позволяет дать общее представление об особенностях распространения оврагов и вероятности их развития в разных природных условиях.

Составление карт овражности, фиксирующих овраги не как отдельные формы, а как результат эрозионного процесса, характеризующего распространение оврагов, началось с конца XIX века. Овраги на территории имеют дискретное распространение, для их изображения не приемлем способ изолиний, поэтому в настоящее время наиболее употребляемыми для отображения заовраженности территории на картах являются способы картограмм [1]. В качестве территориальной единицы обычно выбирается водосборный бассейн. Слой бассейнов доступен на цифровой платформе (геопортал) «Речные бассейны Европейской России» [4]. Также этот геопортал может стать основой для выявления факторов, влияющих на развитие овражной эрозии. Это подбор и получение открытых тематических геоданных о природных и антропогенных условиях территории России. Основные показатели, которые доступны на геопортале и характеризуют природно-антропогенный фон развития оврагов в пределах речных бассейнов:

- рельеф (эрозионный потенциал, средняя высота и крутизна в бассейнах);
- земной покров (лесистость, залуженность, распаханность);
- климат (среднегодовая температура, годовое количество осадков и т.д.);
- интенсивность талого-ливневого смыва;
- антропогенная нагрузка.

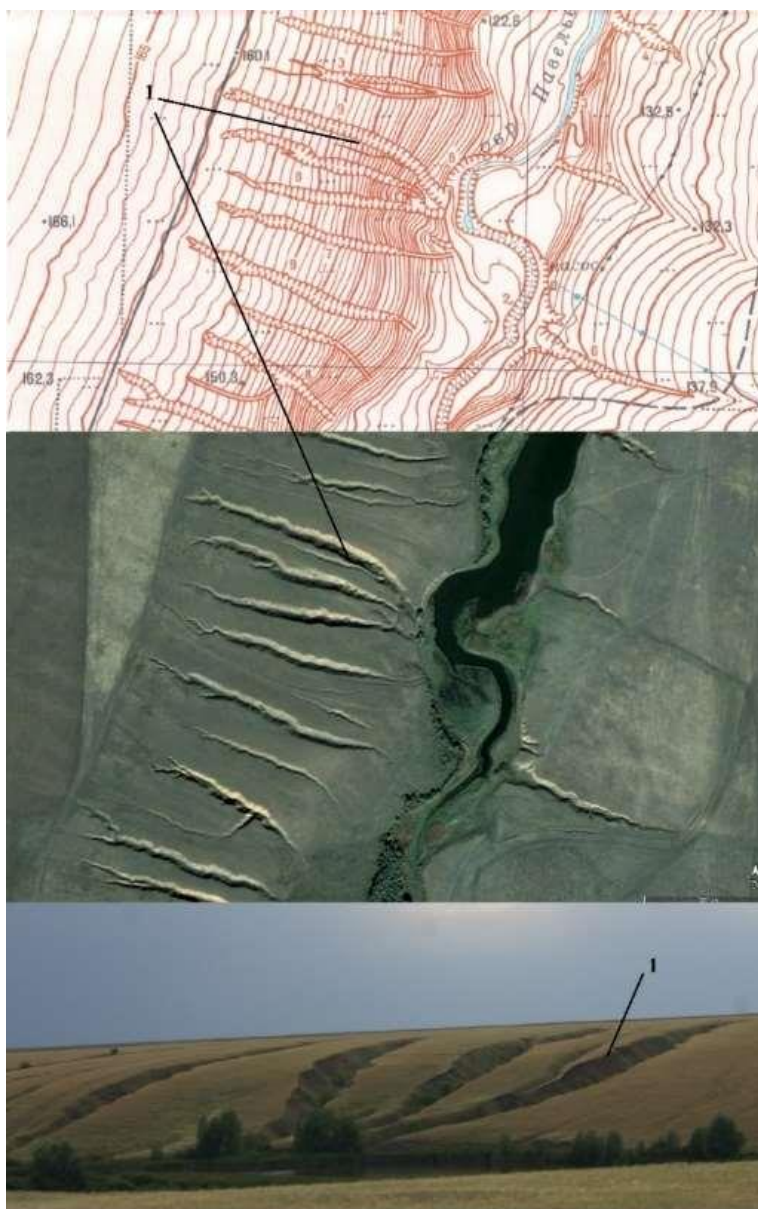


Рис. Овраги на топографической карте (масштаб 1:10000), космическом снимке и на местности; 1 – с. Логачевка, Оренбургская область (52°21'05''с.ш., 52°19'48''в.д.)

Разработка методики картографирования оврагов по данным дистанционного зондирования Земли из космоса стала возможной благодаря совершенствованию компьютерной техники, свободного доступа к материалам космической съемки, а также развитию цифровых технологий и программного обеспечения. Ее применение позволяет создавать геопространственную базу данных на значительные по площади территории, актуализировать содержание ранее созданного картографического материала, накапливать и систематизировать данные о динамике овражной эрозии. К настоящему времени таким образом созданы карты густоты и плотности оврагов для территории Республики Татарстан, Чувашской Республики, Ульяновской, Саратовской и Оренбургской областей. Общая площадь картографирования овражной эрозии составила 348 тыс. км².

Нельзя, хотя бы кратко, не остановиться на существующих проблемах. Вот лишь некоторые из них. При, казалось бы, очевидных преимуществах использования ДДЗЗ для картографирования оврагов, чрезвычайно мало составленных на их основе карт современной овражности регионов России. Довольно трудоемок метод визуального дешифрирования и гис-картографирования оврагов, требующий к тому же проверки результатов не менее чем двумя экспертами. Нет надежных методов автоматизированной идентификации овражных форм нейросетями даже при использовании большой обучающей выборки при переходе из

одних ландшафтных условий в другие. По-прежнему нет четких морфолого-генетических критериев дифференциации оврагов от промоин и молодых балок. Это сильно усложняет трансрегиональный анализ результатов картографирования овражности, полученных разными исследователями на разные территории.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 22-17-00025; <https://rscf.ru/project/22-17-00025/>).

Библиографический список

1. География овражной эрозии / Под редакцией Е.Ф. Зориной. – М.: изд-во МГУ – 2006. – 324 с.
2. Дуглав В.А. Изучение эрозионного расчленения и составление эрозионных карт по аэрофотоснимкам // Вопросы геоморфологии Среднего Поволжья. Уч.зап. Казан. ун-та, 1964 а. – Т. 124(4). – С. 22-30.
3. Ермолаев О.П., Медведева Р. А., Платончева Е.В. Методические подходы к мониторингу процессов эрозии на сельскохозяйственных землях Европейской части России с помощью материалов космических съемок // Уч. записки Казанского университета. 2017. Т. 159. №4. С. 668-680. EDN: YODEXN
4. Речные бассейны Европейской России. [электронный ресурс]. – URL:<http://bassepr.kpfu.ru/> (дата обращения: 01.07.2024).

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ РАЗЛИЧНОЙ ДЕТАЛЬНОСТИ ПРИ ОЦЕНКЕ ЛАВИННОЙ ОПАСНОСТИ

В работе исследуется влияние пространственного разрешения данных о рельефе на параметры лавиносборов на отдельных участках в двух географических регионах: Хибинском массиве и Кавказских горах. Для анализа расхождений в параметрах, возникающих при использовании цифровых моделей рельефа с различающимся размером ячейки, был разработан алгоритм на языке *Python*. Результаты показывают, что применение облаков точек вместо традиционно применяющихся топографических карт и планов является не только рациональным, но и необходимым решением. Также делается вывод о том, что *FABDEM* является наиболее оптимальной для моделирования открытой цифровой моделью рельефа.

Ключевые слова: цифровая модель рельефа, пространственное разрешение, параметры лавиносбора

M.V. Mikhailova, S.A. Sokratov, N.I. Tulskaia, mikhialova_maria@mail.ru
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

ANALYSIS OF SPATIAL DATA OF VARYING DETAIL TO ASSESS AVALANCHE DANGER

The paper investigates how the spatial resolution of elevation data effects on avalanche accumulation parameters in two geographical regions: Khibiny and Caucasus Mountains. The algorithm for calculating avalanche accumulation parameters was developed in Python with the aim to analyze the differences arising from the use of digital elevation models with varying cell sizes. The work of the algorithm showed the necessity and rationality of using point clouds instead of traditional topographic maps for avalanche accumulation parameters estimation. Also it is concluded that the *FABDEM* is the most optimal digital elevation model for simulating open digital terrain data.

Keywords: digital elevation model, spatial resolution, avalanche accumulation parameters

Лавина — масса снега, движущаяся с большой скоростью вниз по горному склону. Лавина может сползать по самому склону, нестись в воздухе вдоль него или совмещать оба вида движения. Она обладает огромной разрушительной силой, которая создается движением не только большой массы снега, но и воздушной волны, возникающей перед лавиной и называемой лавинным ветром [1]. Снежные лавины — природное явление, широко распространенное в горных массивах. Оно осложняет хозяйственное освоение регионов и несет угрозу жизни людей. Это определяет большой интерес к изучению и прогнозированию неустойчивости снежного покрова. Неверное моделирование лавин может привести к экономическим потерям и летальным исходам.

Исследования лавин начались с середины XIV века. С тех пор методы моделирования и прогнозирования совершенствовались. Помимо методов оценки лавинной опасности модернизировались и технологии получения данных. В данной работе рассматривается рельеф как фактор лавинообразования. Стоит отметить, что ранее информацию о рельефе и, в частности, об углах наклона получали с топографических карт масштаба 1:10 000 и планов масштаба 1:5 000, основное сечение рельефа в горах, у которых составляет 5 метров. Для многих территорий топографические карты являются устаревшим источником пространственной

информации, т.к. актуализация листов проводилась еще в Советском Союзе. Кроме того, они покрывают не всю территорию Российской Федерации. Также стоит отметить, что карты указанного масштаба являются секретными.

На современном этапе развития науки и технологий информацию о рельефе получают в результате детальной съемки местности беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) или лазерным сканированием, а также из открытых библиотек цифровых моделей рельефа (ЦМР). Следовательно, возникает несоответствие между данными, которые рационально использовать, и методами моделирования, которые основываются на устаревших данных. В отечественной школе лавиноведения в данный момент используются различные приемы получения информации о рельефе. При этом если в исследованиях применяются относительно новые цифровые модели рельефа высокого пространственного разрешения, их детальность понижается до детальности топографических карт или планов.

Таким образом, актуальность работы заключается в том, что существует потребность в выявлении возможностей моделирования на основе доступных цифровых моделей рельефа и высокоточных цифровых моделей рельефа, построенных с использованием БПЛА, без потери разрешения. Информация, получаемая с цифровых моделей рельефа высокого и сверхвысокого пространственного разрешения, существенно детальнее, чем использующиеся ранее материалы. Следовательно, возникает необходимость в определении целесообразности использования современных детальных данных в формулах для расчетов параметров лавин, при условии, что эти формулы были получены эмпирическим путем с применением топографических карт.

Для определения влияния пространственного разрешения данных о рельефе на различные параметры лавин, такие как положение точки дальности выброса лавины, площадь зон зарождения и транзита, средний уклон по линии тальвега в указанных зонах и т.д. решено использовать цифровые модели рельефа на два участка, один из которых располагается в Хибинах (склоны, обращенные к микрорайону Кукисвумчорр города Кировск Мурманской области), а второй — на Кавказе (склоны, обращенные к реке Мзымта у поселка городского типа Красная Поляна). Регионы выбраны таким образом, чтобы отследить влияние пространственного разрешения при различных параметрах поверхности. Конфигурация склонов имеет существенные различия, которые объясняются отличающимся генезисом горных массивов и их возрастом. В Хибинах склоны равномерно вогнутые, относительно слабо осложнены расщелинами и другими формами рельефа. В то время как в Красной Поляне склоны уступами спускаются к долине реки. Они осложнены эрозионными врезами, нависающими уступами и воронками. В Хибинах склоны несколько более пологие, чем на Большом Кавказе, что также объясняется возрастом горных массивов.

Существенно различаются климатические особенности. В Мурманской области наблюдается большее воздействие ветра, вследствие этого возникает больше лавин, образованных метелевым переносом. На Кавказе несмотря на то, что изучаемый склон имеет северо-восточную экспозицию, солнечная радиация приходит в существенно большем объеме, чем на исследуемых лавиносборах южной экспозиции в Хибинах. В Хибинах наблюдаются устойчивые отрицательные температуры с середины осени до середины весны, без резких потеплений. В силу этого формируются в основном сухие лавины. На Кавказе температура часто переходит через 0°C , что приводит к таянию снега и образованию мокрых лавин.

Имеется целый ряд отличий в одинаково лавиноопасных районах. Именно этим обуславливается выбор указанных регионов в данной работе. Интерес вызывает сравнение влияния углов наклона, полученных по разным цифровым моделям рельефа, для лавин разного генезиса и типа.

Кроме того, важным фактором, определяющим выбор регионов, стала их высокая обеспеченность данными. Например, для лавиносборов в Хибинах использовались топогра-

фические планы местности масштаба 1:5000, паспорта лавин (документы, в которых указаны реальные параметры сошедших лавин), цифровая модель рельефа, построенная по облаку точек, полученному лазерным сканированием, а также открытые цифровые модели рельефа *ArcticDEM*, *ASTER GDEM*, *ALOS DEM* и *FABDEM* [4–7]. Для изучаемых склонов на Кавказе использовались модели рельефа, полученные по облаку точек, а также перечисленные ранее открытые ЦМР, покрывающие интересующую территорию (*FABDEM*, *ALOS DEM*, *ASTER GDEM*).

Для определения влияния пространственного разрешения на отдельные параметры лавин составлен алгоритм на языке *Python*, который с помощью библиотеки *ArcPy* позволяет смоделировать отдельные части лавиносбора. Лавиносбор — территория, в той или иной мере подверженная воздействию движущихся снежных масс, разделяется на три основные зоны — зону зарождения, зону транзита и зону отложения. Ограничивающей линией этих зон является водораздел, а между отдельными полигонами границами считаются линии уклона в 25° градусов и 20°, соответственно. Сверху зона зарождения определяется также линией уклона в 25° [2–3]. Кроме полигональных объектов выделяются аналогичные зоны по тальвегу (линии наименьших высот). Помимо отдельных компонентов лавиносбора алгоритм выводит статистические параметры: площадь отдельных зон, длина линии тальвега в них, средний уклон в зоне зарождения (так как именно этот показатель оказывает влияние на положение точки дальности выброса лавины и существенно изменяется, при изменении пространственного разрешения данных о рельефе) и пр. Перечисленные ранее цифровые модели рельефа были последовательно использованы в указанном алгоритме, что позволило выявить различия в параметрах лавиносборов в зависимости от разрешения исходных данных. В первую очередь, результаты работы алгоритма были верифицированы по паспортам лавин.

При работе с данными о рельефе возник ряд сложностей. Например, требуется учет большого количества различных топологических отношений из-за неоднородности компонентов среды: возникали ситуации, когда одни и те же составляющие лавиносбора пересекались, находились внутри друг друга или были расположены в пространстве в различных конфигурациях. Данный факт существенно осложняет реализацию алгоритма и снижает стабильность его работы. Кроме того, выявление и исправление ошибок в данном варианте программного кода возможно только после обработки данных в *ArcGIS*, что существенно увеличивает временные затраты на написание и отладку.

Стоит отметить также и ряд преимуществ. Прежде всего, созданный инструмент позволяет унифицировать положение различных компонентов лавиносбора, способствуя их более точному определению и снижая возможные искажения. Кроме того, несмотря на то, что на реализацию алгоритма требуется достаточно большое количество времени, аналогичная обработка растров вручную с последовательным применением каждого инструмента *ArcGIS* занимает существенно больше времени, что особенно заметно при обработке больших массивов данных.

С помощью полученного программного продукта получены результаты по более чем 50 наборам данных на два вышеописанных географических региона. После их обработки и проведения сравнительного анализа сделаны следующие выводы:

1. При крупномасштабном моделировании лавин допустимо использование цифровых моделей рельефа, полученных с топографических карт и планов не только с размером ячейки, равным сечению горизонталей, но и с разрешением равным половине высоты сечения.
2. Использование облаков точек вместо топографических карт и планов является необходимым, а не только рациональным решением. При этом, оптимальным размером ячейки при построении ЦМР является размер сопоставимый с сечением рельефа на топографическом плане (5 метров), так как меньший размер не приведет к значительному увеличению точности, но процесс моделирования занимает существенно больше времени.

3. При отсутствии детальных данных оптимальной цифровой моделью рельефа для крупномасштабного моделирования является *FABDEM*, что позволяет не только сохранить точность результатов, но и существенно сократить время, затрачиваемое на процесс определения различных показателей лавины.

4. Использование *Arctic DEM* (разрешение 10 метров и 32 метра), *ALOS DEM* и *ASTER GDEM* нерационально, так как данные модели рельефа не отфильтрованы от растительности и застройки, что приводит к заметным погрешностям в моделировании.

5. Точность при использовании различных данных о рельефе не зависит от региона изучения, то есть нет существенных различий между результатами моделирования, полученными в Хибинах и на Кавказе, за исключением упомянутых ранее открытых цифровых моделей поверхности, точность результатов моделирования по которым зависит от размера ячейки.

Работа выполнена в рамках госбюджетных тем 121051400061-9, 121051300175-4.

Библиографический список

1. Гидрометцентр России [Электронный ресурс]. URL: <https://meteoinfo.ru/glossary/5663-2012-08-27-12-44-59> (дата обращения: 28.07.2024).
2. СП 115.13330.2016 СНиП 22-01-95 Геофизика опасных природных воздействий. / Богданов М.И., Болгова Г.Р., Гурова С.А., Иевлева Н.П., и др. // М.: Минстрой России, 2016. — 40 с.
3. СП 428.1325800.2018 Инженерные изыскания для строительства в лавиноопасных районах. Общие требования. / Богданов М.И., Болгова Г.Р., Леденева Е.В., Шныпарков А.Л., и др. // М.: Минстрой России, 2018. — 58 с.
4. ArcticDEM. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pgc.umn.edu/data/arcticdem/> (дата обращения: 28.07.2024).
5. ASTER GDEM. [Электронный ресурс]. URL: <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp> (дата обращения: 28.07.2024).
6. FABDEM V1-0. [Электронный ресурс]. URL: <https://data.bris.ac.uk/data/dataset/25wfy0f9ukoge2gs7a5mqpq2j7> (дата обращения: 28.07.2024).
7. JAXA. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/data/index.htm> (дата обращения: 28.07.2024).

МОНИТОРИНГ ГОРОДСКОЙ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ Г. ЭНГЕЛЬСА)

В данной статье рассматриваются методы мониторинга городской древесно-кустарниковой растительности с использованием данных дистанционного зондирования Земли на примере территории г. Энгельса. Исследуются особенности динамики состояния городской растительности с помощью вегетационного индекса NDVI.

Ключевые слова: Энгельсский район, растительность, спектральные образы, данные дистанционного зондирования

D. Moiseev, D. Gevorkov, dan.moiseeff2016@yandex.ru
Saratov State University, Saratov, Russia

MONITORING OF URBAN TREE AND SHRUB VEGETATION USING EARTH REMOTE SENSING DATA (ON THE EXAMPLE OF THE TERRITORY OF ENGELS)

This article discusses methods for monitoring urban tree and shrub vegetation using Earth remote sensing data on the example of the territory of Engels. The features of the dynamics of the state of urban vegetation are studied using the NDVI vegetation index.

Keywords: Engels district, land use, spectral images, remote sensing data

Сохранение и поддержание состояния растительного покрова является одной из важнейших экологических проблем городской среды. Древесно-кустарниковые городские насаждения регулируют степень загрязненности воздуха, его газовый состав, снижают влияние шумового фактора, смягчают суточные температуры воздуха. Теневые зоны растений создают вблизи местный охлаждающий эффект. Деревья и живые изгороди также издавна используются как защита от ветра. Снижение скорости ветра значительно влияют на эффективность, с которой деревья очищают загрязненный воздух городской среды [1].

Основные городские зеленые насаждения – парки, скверы, бульвары – нуждаются в системе мониторинга для оптимизации ухода и создания новых зон зелени. Современная информация о состоянии зеленых насаждений, визуализированная на карте, становится актуальной. Дистанционное зондирование Земли позволяет получать данные о состоянии экосистем с высокой точностью. Обработка данных в геоинформационной среде решает задачу мониторинга растительности. Данные космических съемок и инструменты ГИС помогают показать текущее состояние городской растительности.

Целью работы является изучение динамики состояния городской растительности с помощью NDVI на примере г. Энгельса с 1985 по 2023 гг. Дистанционное зондирование и геоинформационное картографирование позволяют выявлять изменения в состоянии растений и принимать решения в области охраны растительности.

Общее описание исследуемой территории

Изучение растительного покрова г. Энгельса охватывало древесно-кустарниковые насаждения. Энгельс — второй по населению город Саратовской области (225 тыс. чел.), расположен на левом берегу Волгоградского водохранилища. Город имеет равнинный рельеф, континентальный климат и защищён дамбой. Основные зелёные зоны: городские леса,

природные ландшафты, насаждения специального назначения, общественные и специализированные парки, скверы, бульвары, площади, зоны рекреационного строительства и кладбища. Лесопарк Лесной — крупнейший зелёный объект, охраняемая природная зона с 300 видами растений. Природные ландшафты включают острова и поймы рек. Лесозащитные полосы защищают промышленные зоны. Общественные парки представлены Энгельсским городским парком. Скверы и бульвары сосредоточены в центре города. Кладбища и зоны рекреационного строительства также учитываются [2].



Рис.1. Зоны озеленения г. Энгельса, в которых будет оцениваться состояние растительности

Границы зон озеленения г. Энгельс были векторизованы и представлены на карте. Для анализа растительности использовались спектральные индексы, такие как NDVI, с данными мультиспектральной съемки спутников Landsat 4-5 (7 каналов) и Sentinel-2 (12 каналов) с 1985 по 2023 гг., взятые с геопортала Sentinel Hub – EO Browser. Данные за некоторые годы отсутствуют из-за облачности [3,4].

Для расчета NDVI снимки загружаются в ГИС-среду QGIS, где с помощью «Калькулятора растров» обрабатываются спектральные каналы. На основе NDVI создана таблица с данными для каждого года и карта изменений с 1985 по 2023 гг., отображающая прирост или исчезновение растительности. Участки с приростом +0,4 до +0,7 указывают на рост растительности, а снижение -0,7 до -0,9 — на её исчезновение. Эти данные представлены в виде анимации для наглядности изменений [5].

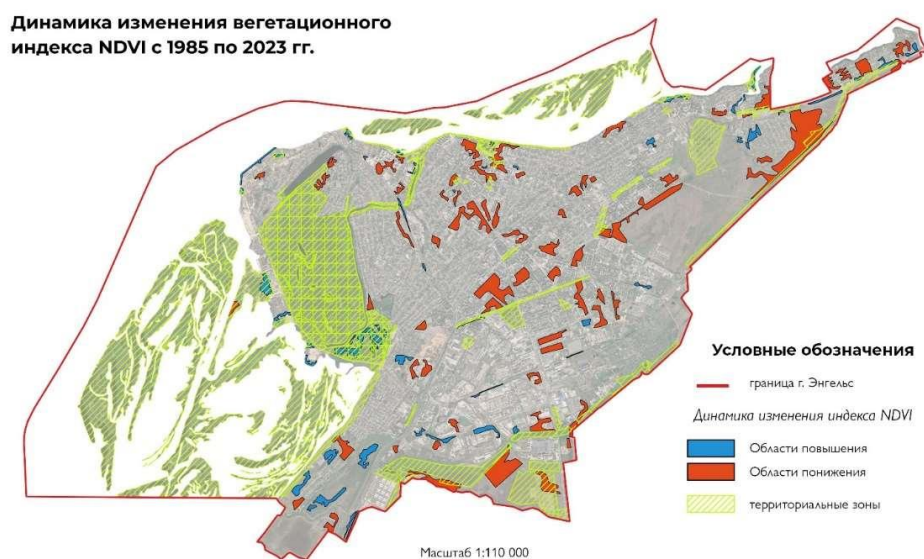


Рис.2. Синтетическая карта участков наибольшего изменения уровня вегетации

Области с приростом NDVI от +0,4 до +0,7 указывают на значительный рост растительности: прирост +0,4 – +0,5 означает улучшение состояния насаждений, +0,6 – +0,7 — зарастание беспочвенных поверхностей. Территории с понижением NDVI от -0,7 до -0,9 характеризуются полным исчезновением растительного покрова, заменой почвы на асфальт или аналогичные материалы, что обычно связано со строительством, образованием свалок или пожарами [6].

Анализ данных показывает динамику изменений растительности за длительный период с помощью NDVI. На картах можно увидеть участки с значительными изменениями, включая зарастание или исчезновение растительности. Это помогает выявить места вырубок, строительства, пожаров и свалок, оценить рациональность природопользования и параметры состояния экосистем [7,8,9].



Рис.3. Типовые участки, на основе которых выделялись области повышения и понижения NDVI

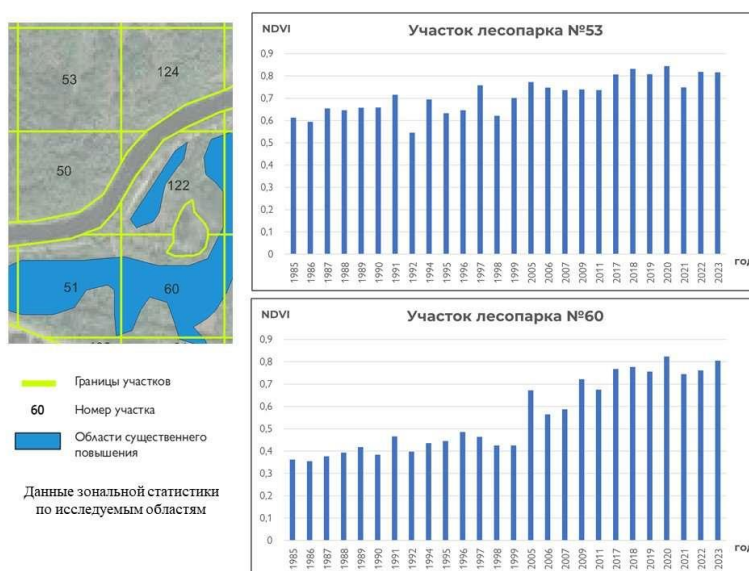


Рис.4. Сравнение показателя NDVI типовых участков лесопарка Лесной

Данные космоснимков с 1985 по 2023 гг. показывают динамику растительности, например, в городских лесах. На участках без антропогенного воздействия наблюдается рост NDVI. В лесопарке «Лесной» на нетронутых участках прирост NDVI составил +0,2 за 40 лет. Активная высадка после 2000-х годов также повысила NDVI. Территории городских насаж-

дений страдают из-за вырубок под строительство. Лесопарк Лесной у оз. Сазанка потерял около 4,86 га за 20 лет. Вырубки для строительства коттеджей продолжаются в районе с. Шумейка и пос. Прибрежный.

Индекс NDVI хорошо иллюстрирует пространственно-временные изменения в растительности, показывая количество фотосинтетически активной биомассы, что отражает здоровье растительности

Проведенное исследование растительности г. Энгельса с использованием индекса NDVI позволило оценить динамику изменений за период с 1985 по 2023 гг. Анализ данных космоснимков выявил участки с положительными и отрицательными изменениями растительного покрова, определив места вырубок, строительства и зарастания территорий. В лесопарке Лесной и других зонах озеленения отмечены как приросты, так и потери растительности. Индекс NDVI подтвердил свою эффективность в отслеживании состояния городской растительности, отражая пространственно-временные изменения и здоровье насаждений.

Библиографический список

1. Трубина Л. К., Николаева О. Н., Муллаярова П. И., Баранова Е. Инвентаризация городских зеленых насаждений средствами ГИС // Вестник СГУГиТ, Том 22, №3, 2017. С. 107-118. EDN: ZHICJN
2. Комарова А.Ф. Открытые мультиспектральные данные и основные методы дистанционного зондирования в изучении растительного покрова / А.Ф. Комарова // Принципы экологии, 2016, Выпуск 1, с. 40-71. EDN: VTPQDZ
3. Книжников, Ю.Ф. Аэрокосмические методы географических исследований / Ю.Ф. Книжников. – М.: Издательский центр "Академия", 2004. – 336 с. ISBN: 5-7695-1529-5 EDN: QKEMQL
4. Федотова Е.В., Жолудев А.А., Изосимов В.Г., Шпирук Ю.Д., Маглинец Ю.А., Цибульский Г.М. Анализ сезонной динамики растительного покрова на основе данных дистанционного зондирования Земли // Научный журнал Сибирского федерального университета. Инженерия и технологии выпуск 8, С. 976-983.
5. Комарова А. Ф., Журавлева И. В., Яблоков В. М. Открытые мультиспектральные данные и основные методы дистанционного зондирования в изучении растительного покрова // Принципы экологии. 2016. №1. С. 40-47. EDN: VTPQDZ
6. Кудашев Е.Б. Аэрокосмический экологический мониторинг мегаполисов с использованием новейших ИКТ в контексте формирования информационного общества / Е.Б. Кудашев // Технологии информационного общества – Интернет и современное общество: Материалы Всероссийской объединенной конференции, 2000, с. 145-148.
7. Антонова О. С., Неврюев А. М., Шлапак П. А. Использование данных ДДЗ для анализа влагообеспеченности сельскохозяйственных угодий (на примере саратовского заволжья) // Геоинформационное картографирование в регионах России: материалы XI Всероссийской научно- практической конференции. Воронеж: Цифровая полиграфия, 2020. С. 22-27.
8. Гусев В. А., Басамыкин С. С., Шлапак П. А. Оптимизация структуры землепользования для увеличения устойчивости агроландшафтов // Изв. Сарат. ун-та. Нов.сер. Сер.: Науки о Земле. 2016. Т. 16, № 3. С. 133 – 137. DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-3-133-137 EDN: WRPIQV
9. Макаров, В. З. Использование данных дистанционного зондирования Земли при изучении горных ледников (на примере ледника Алибек в Карачаево-Черкессии) / В. З. Макаров, Д. В. Тюков, П. А. Шлапак // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. – 2022. – Т. 22, № 1. – С. 13-20. DOI: 10.18500/1819-7663-2022-22-1-13-20 EDN: IFZSKT

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРИЛИВНЫХ УСТЬЯХ РЕК О. САХАЛИН

На примере малых рек восточного побережья о. Сахалин установлены особенности развития геодинамических процессов в их устьевых областях. В результате приливо-отливных процессов моделировка русел однорукавных дельт осуществляется за счет оплыwania и оползания береговых склонов. У всех рек на верхней границе устьевой области фиксируется аккумуляция наносов и образование подпора.

Ключевые слова: устьевая область реки, дельта, приливы, геодинамические процессы

N.N. Nazarov¹, V.S. Zarochintsev², I.V. Nazarova³, irvik13@gmail.com

¹Pacific Geographical Institute, Far-Eastern Branch, RAS, Vladivostok, Russia

²Institute of Marine Geology and Geophysics, Far-Eastern Branch, RAS,
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

³Perm State University, Perm, Russia

FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF GEODYNAMIC PROCESSES IN THE TIDAL RIVER MOUTHS OF SAKHALIN ISLAND

Using the example of small rivers on the eastern coast of the Sakhalin island the features of the development of geodynamic processes in their mouth areas have been established. As a result of tidal processes, the modeling of the channels of single-arm deltas is carried out due to the earthflow and slumping of the coastal slopes. For all rivers, sediment accumulation and backwater formation are recorded at the upper boundary of the mouth area.

Keywords: river mouth area, delta, tides, geodynamic processes

Вопросом, который до последнего времени оставался не решенным ни гидрологами, ни геоморфологами, изучавшими русловые и иные геодинамические процессы в устьевых областях рек (УОР), является направленность и активность морфолитогенеза в верхних частях УОР. Если динамике морфоэлементов на внешней (морской) границе речных дельт и примыкающим к ним участкам устьевого взморья посвящено достаточно большое количество исследований, а их результаты нашли отражение в различных рекомендациях и руководствах по ведению судоходства и устойчивому развитию прибрежных территорий, то изучение дельтовых и приустьевых участков русла остается в «серой зоне» и не вызывает особого интереса. Обратить внимание на эти участки реки с целью получения информации о перспективах их геодинамического развития в среднесрочной перспективе и тем самым предусмотреть меры по обеспечению безопасности и комфортности проживания местного населения, сегодня становится необходимым и своевременным в связи с изменениями климата и подъем уровня Мирового океана, постепенно меняющим геодинамическую и социально-экологическую ситуацию в УОР [3, 5–8]. Повышенного внимания требуют реки, устья которых расположены на берегах мезо- и макроприливных морей. Очевидно, что повышение уровня океана приведет к увеличению расстояния внедрения приливных вод вверх по руслам рек со всеми вытекающими последствиями для устойчивости прибрежных гео- и техносистем.

В береговой зоне о. Сахалина, характеризующейся относительно невысокими или средними значениями высоты прилива, территорией, где приливо-отливные процессы в пределах УОР, тем не менее, могут активно стимулировать трансформацию пойменно-русловых комплексов (ПРК), является восточное побережье южной части острова. На участке между поселками Стародубское и Взморье автомобильная дорога, следующая вдоль моря, пересекает большое количество устьев рек, где располагаются или поселения, или объекты транспортной и/или хозяйственной (рыбачкой) инфраструктуры. Для данного участка побережья (впрочем, как и для Сахалина в целом) гидролого-морфологические устьевые процессы оказывают влияние на миграцию гидробионтов из морской среды в реки и являются значимым лимитирующим фактором для численности нерестящихся рыб семейства лососёвых, являющихся важнейшей составляющей островной экосистемы и важным объектом рыбного промысла. Понимание тенденций перестройки ПРК приливных рек может и должно стать одной из приоритетных тем изучения направленности развития предустьевых (преддельтовых) и дельтовых участков русла рек острова.

Цель исследования – на примере рек восточного побережья Южного Сахалина выявить особенности морфолитогенеза ПРК приливных рек в пределах дельтовых и приустьевых (преддельтовых) участков однорукавных УОР.

В качестве объектов исследования были выбраны (с юга на север) реки Найба, Ай, Дудинка, Мануй и Тихая с притоком Дуэт. Самая крупная из них р. Найба имеет длину 119 км и среднегодовой расход $20,7 \text{ м}^3/\text{с}$. Остальные реки относятся к малым водотокам длиной в первые десятки километров и расходом, значительно меньше $20 \text{ м}^3/\text{с}$, который, по мнению Н.И. Алексеевского [1], является граничным значением для формирования однорукавных дельт. По типизации В.Н. Михайлова, С.Л. Горина [4] УОР р. Найба является дельтовоэстуарной областью с придельтовой лагуной. Устьевые части других рек – это типичные однорукавные эстуарнодельтовые (с дельтой выполнения) устьевые области.

Часть исследования, включающая дистанционные методы, проводилась с использованием спутниковых изображений, полученных в видимом и ближнем ИК диапазонах. В подавляющем большинстве случаев это были материалы свободного доступа (Yandex-карты, GoogleMaps). Первой задачей, решение которой предопределяло весь дальнейший ход достижения поставленной цели, являлось предварительное установление верхней («плавающей») границы УОР – створа реки, выше которого влияние морских процессов отсутствует. Пространственно-временная изменчивость местоположения этой границы обусловлена отсутствием стационарности как по времени наступления максимальной высоты прилива, так и ее абсолютных значений, которые в пределах отдельных циклов могут меняться на 40–50%. Например, если на ближайшем к исследуемому участку сахалинского побережья посту наблюдений за высотой прилива (порт Корсаков) большая вода 1 июня 2024 года имела отметки 0,89 м, то 8 июня она уже составляла 1,47 м [2]. При этом такие же большие расхождения по высоте наблюдаются и в отметках малой воды. Кроме того, свою лепту в отсутствие жесткой привязки при фиксировании этой границы и превращения ее по сути в континуальный («плавающий») пространственно-временной рубеж развития ПРК в УОР вносят штормовые нагоны и паводки малой обеспеченности, характерные для муссонного климата Южного Сахалина. Морфолитодинамический эффект нагонов нацелен на смещение этой границы вверх по течению реки (от моря). Влияние паводков, напротив, приводит к ее смещению вниз по течению (в сторону моря).

Выявление зоны расположения верхней границы УОР, исходя из возможностей, включало как проведение специального геоиндикационного дешифрирования материалов космической съемки, так и полевой заверки выявленных индикаторов – косвенных признаков, фиксирующих наличие/отсутствие прямых доказательств динамики уровня воды в реке, связанных с приливо-отливными процессами. К их числу относились: а) следы временного расположения уреза воды, фиксируемого в минеральных грунтах на поверхности берегового склона (уступа); б) смена видового состава береговой растительности в зоне суточных изме-

нений затопляемости берегового склона (уступа); в) фрагменты осушки дна русла реки вдоль русловых бровок.

В процессе полевой заверки в качестве признака периодического изменения уровня воды в зоне максимального продвижения приливной волны также использовалась фиксация наличия/отсутствия признаков недавнего обводнения на поверхности подбровочного склона (уступа). Как правило, на временное обводнение указывают более темный цвет грунтов по сравнению с «постоянно» сухими грунтами, расположенными выше.

Для более точного установления верхней границы УОР дополнительно в устьях рек было проведено картирование морфодинамических типов русла, дополненное морфометрическими исследованиями. При этом обращалось внимание на сменяемость морфологических элементов русла и их размеры, начиная от устьевого створа и заканчивая участком русла, расположенным по течению выше верхней границы УОР. Кроме того, в пределах каждого из выделенных типов русла проводилось измерение ширины русла не менее, чем на 5 створах для определения его средних значений.

В результате исследований были установлены границы и протяженности участков однорукавной дельты – *участок 1* и зоны расположения верхней границы УОР – *участок 2*. Важным индикационным признаком принадлежности к тому или другому участку для всех исследованных нами рек стало наличие достаточно больших различий в их ширине (рисунок). Разница в средних значениях данного параметра обычно достигала трех и более раз (таблица). Объективность фиксирования крайней верхней точки *участка 2*, одновременно являющейся крайней верхней точкой УОР, подтверждалась довольно резким 1,5–3,0-кратным увеличением ширины русла выше по течению и появлением признаков подпруживания русла или его превращения в типичное «бочажинное русло» – *участок 3*.



Рис. Пример выделения участков в УОР р. Ай
Средняя ширина русел рек на разных участках УОР (м)

Таблица

Река (длина в км)	Участок 1	Участок 2	Участок 3
Найба (119)	107	27	55
Ай (26)	44	11	20
Дудинка (17)	18	5	9
Мануй (20)	18	5	15
Тихая (13)	17	6	9
Дуэт (11)	11	3	5

Изучение особенностей морфолитогенеза ПРК включало фиксацию и морфолого-морфометрический анализ проявлений основных геодинамических процессов, оказывающих моделирующее воздействие на русло реки и близлежащие участки поймы. Как показали дистанционные и полевые исследования наибольшим количеством проявлений «переработки» береговых уступов отличались оползание и/или оплывание склонов с большей или меньшей частотой локализации, зависящей от конкретных ландшафтно-геоморфологических условий и принадлежности русла к определенному участку УОР. Самое большое количество проявлений оплывания или оползания русловых бровок было зафиксировано в пределах участка 1. Для него же характерным процессом моделировки русла рек стало образования вдольбереговых осушек, чего не наблюдается ни на 2, ни 3 участках. Кроме того, для поймы участка 1 во многих случаях был характерен микрорельеф в форме дугообразных «грив» в районе излучин, образование которых, по-видимому, связано с периодами максимального подъема уровня воды в реке во время сизигийных суперприливов или штормовых нагонов.

Выводы

1. В устьевых областях приливных рек восточного побережья Южного Сахалина ведущим гидрофизическим фактором-процессом моделировки русла выступают периодические изменения уровня воды. Результирующим эффектом развития фильтрационных деформаций в русловых уступах и на поверхности береговых геосистем стало образование оползней и оплывание склонов.

2. В районе верхней границы УОР в русле и на поверхности прилегающей к нему части поймы происходит активное формирование «барьерного» аккумулятивного тела, что приводит к подпруживанию потока и расширению русла на вышележащем участке реки. Как результат – снижение на нем активности русловых процессов и увеличение частоты развития береговых оплывин и микрооползней.

Библиографический список

1. Алексеевский Н. И., Айбулатов Д. Н. Строение речной сети неприливых устьев рек // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2003. № 1. С. 19-25.
2. Время приливов и отливов в Корсаково, Россия. URL: https://www.citipedia.info/ru/tides/russia/korsakov_russia (дата обращения: 18.06.2024).
3. Михайлов В.Н. Теоретические основы прогноза реакции речных дельт на повышение уровня моря // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2009. № 3. С. 3-10. EDN: KYQVET
4. Михайлов В.Н., Горин С.Л. Новые определения, районирование и типизация устьевых областей рек и их частей – эстуариев // Водные ресурсы. 2012. Т. 39, № 3. С. 243-257. EDN: OXXVOT
5. Михайлова М.В. Взаимодействие приливов и штормовых нагонов в устье р. Эльбы // Водные ресурсы. 2011. Т. 38, № 3. С. 283-296. EDN: NWCXYP
6. Селиванов А.О. Глобальное потепление климата и его влияние на уровень морей и береговые процессы // Современные глобальные изменения природной среды. Т.2. М.: Научный мир, 2006. С. 94-121.
7. Climate Change 2007. Synthesis Report. Summary for Policymakers [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ipcc.ch> (дата обращения: 03.04.2024).
8. Saito Y., Chaimanee N., Jarupongsakub Th., Syvitski J.P.M. Shrinking megadeltas in Asia: sea-level rise and sediment reduction impacts from case study of the Chao Phraya delta // LOICZ Inprint. 2007. № 2. P. 3-9.

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ МЕДИ В ПОЧВЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ИНТЕРПОЛЯЦИИ КРИГИНГА

В работе рассмотрено воздействие меди (Cu) на растения. Отмечено, что Cu носит бинарный характер в растениях (незаменимый и вредный). Используя метод геостатистической интерполяции кригинга, получены результаты по пространственному распределению Cu в почве. Анализ результатов показывает обратную зависимость между высотой над уровнем моря и значениями концентраций Cu.

Ключевые слова: цифровые технологии, загрязнение тяжелыми металлами, растения, медь, пространственное распределение, метод интерполяции кригинга

N.D. Ovchinnikova, Dm.A. Tarakanov, R.E. Malofeev
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

ANALYSIS OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF COPPER CONCENTRATIONS IN SOIL USING THE KRIGING INTERPOLATION METHOD

The paper considers the effect of copper (Cu) on plants. It is noted that Cu has a binary character in plants (irreplaceable and harmful). Using the kriging geostatistical interpolation method, the results on the spatial distribution of Cu in the soil were obtained. The analysis of the results shows an inverse relationship between the altitude above sea level and the values of Cu concentrations.

Keywords: digital technologies, heavy metal pollution, plants, copper, spatial distribution, kriging interpolation method

Проблема загрязнения почвы и поверхностных вод набирает всю большую актуальность. Увеличение объемов загрязнения обуславливается процессами индустриализации и урбанизации. Опасным загрязнителями почвы являются тяжелые металлы – химические элементы с плотностью и атомной массой более 5 г/см³ и 20 соответственно [1–3]. Проблема загрязнения усугубляется тем, что такие элементы не подвержены биологическому разложению и могут сохраняться в почве в течение длительного времени [4].

Опасность загрязнения тяжелыми металлами возникает при превышении допустимых концентраций. В этом случае такие элементы начинают проявлять токсичное действие по отношению к живым организмам. Для растений результатом такого воздействия может стать снижение роста и урожайности, нарушение обмена веществ. Также возможно попадание тяжелых металлов в пищевую цепочку, в результате чего возникают риски для здоровья человека [5]. Источники загрязнения почвы тяжелыми металлами делятся на антропогенные и природные. В качестве антропогенных можно выделить сельскохозяйственную деятельность, добычу полезных ископаемых и металлургическую промышленность. К природным источникам относятся выветривание горных пород, извержение вулканов, природные пожары и др. [6, 7].

Одним из важных элементов для живых организмов является медь (Cu), которая характеризуется красновато-коричневым оттенком, имеет 29 атомный номер, атомную массу в 63,5 г/моль и плотность 8,96 г/см³. При допустимых концентрациях Cu является важным питательным микроэлементом для растений, так как связана с многочисленными физиологическими и биохимическими процессами: участвует в митохондриальном дыхании, фотосинтезе, реакциях на окислительных стресс, метаболизме клеточной стенки, синтезе белка и др. При превышении допустимых концентраций Cu оказывает токсичное действие, которое значительно влияет на

рост растений и урожайность, вследствие снижения фотосинтеза, нарушения целостности мембран и нарушении в усвоении необходимых питательных веществ [8, 9].

Для снижения опасности воздействия избыточных концентраций Cu необходимо количественно оценивать загрязнение Cu на территории. Для количественной оценки концентраций Cu можно использовать цифровые технологии, которые дают возможность выполнить построение и анализ пространственного распределения концентраций тяжелых металлов в почве. По результатам анализа пространственного распределения можно выделить зоны с высоким риском для здоровья растений, определить степень и характер загрязнения. Подобные результаты имеют высокую значимость в вопросах восстановления загрязненной территории. В связи с этим целью работы является оценка загрязнения почвы с помощью анализа пространственного распределения концентраций Cu в почве.

За объект исследования в работе приняты 300 образцов почвы, собранные с горы Ида (Турция) (рис. 1). После сбора образцы доставлялись в лабораторию, где проходили процессы подготовки для определения концентраций тяжелых металлов [10]. По результатам работы получено 3 300 концентраций тяжелых металлов.

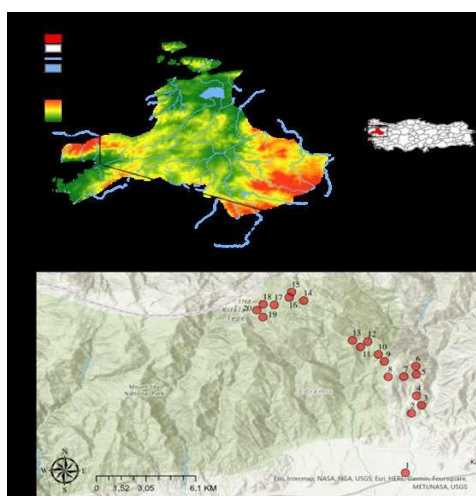


Рис. 1. Карта исследуемой области

Методом исследования в работе является метод геостатистической интерполяции кригинга, выполненный в рабочей среде ArcGIS PRO 2.8.6. Результаты по пространственному распределению концентраций Cu в почве, полученные с использованием метода интерполяции кригинга, представлены на рис. 2.

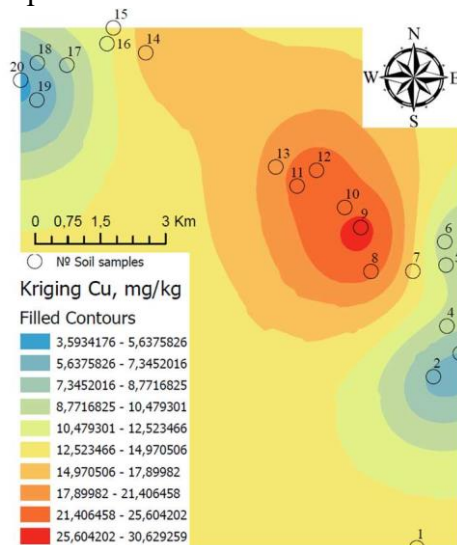


Рис. 2. Пространственное распределение Cu с использованием метода кригинга

По результатам анализа рис. 2 видно, что при подъеме от 20 м до 600 м (точки 1-7) значения концентраций Cu увеличиваются до 14,97 мг/кг. Дальнейшее увеличение высоты до

1 300 м (точка 14) приводит к увеличению концентраций Cu с 14,97 мг/кг до 30,62 мг/кг. Максимальное значение концентраций достигается в районе точки 9 (высота – 800 м). Значения концентраций Cu в зоне вблизи точек 15–20 с увеличением высоты постепенно уменьшаются с 12,52 мг/кг до 3,59 мг/кг (точка 20). Таким образом, максимальные значения Cu наблюдаются в области высот от 600 м до 1 300 м. Дальнейшее увеличение высоты приводит к уменьшению концентраций Cu.

Таким образом, в работе рассмотрено воздействие Cu на растения. Отмечено, что Cu носит бинарный характер в растениях (незаменимый и вредный). Используя метод геостатистической интерполяции кригинга, получены результаты по пространственному распределению Cu в почве. Анализ результатов показывает обратную зависимость между высотой над уровнем моря и концентрациями Cu. Полученные результаты в работе способствуют решению вопросов по восстановлению загрязненных тяжелыми металлами территорий.

Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Уфимского университета науки и технологий (ПРИОРИТЕТ-2030).

Библиографический список

1. Shuguang L., Xiang Z., Yunfei X. Application of calcium peroxide in water and soil treatment: A review // *Journal of Hazardous Materials*. 2017. Vol. 337. P. 163-177. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2017.04.064 EDN: YGROBM
2. Елизарьев А.Н. Оценка антропогенного воздействия на гидроэкологический режим водных объектов (на примере р. Белой): дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.36. утв. 31.05.2007. СПб., 2007. 185с. EDN: NOSDER
3. Кияшко И.Ю., Кияшко Л.Ю., Елизарьев А.Н., Манякова Г.М., Габдулхаков Р.Р., Мартынова О.Г. Моделирование экологических ЧС, вызванных загрязнением водных объектов // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 2. С. 159-163. EDN: VOHVXN
4. Елизарьева Е.Н., Фахертдинова А.А., Елизарьев А.Н., Тараканов Д.А., Кудашкина Н.В. Геоэкологическая оценка особенностей фиторемедиации при использовании *Falloria sachalinensis* в условиях антропогенного загрязнения тяжелыми металлами почв Башкирского Зауралья // *Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле*. 2022. № 42. С. 41-57. DOI: 10.26516/2073-3402.2022.42.41 EDN: SWVEWN
5. Kiran, Ruchi B., Renu S. Effect of heavy metals: An overview // *Materialstoday: Proceedings*. 2022. Vol. 51. P. 880-885.
6. Deepika G., Arti Y., Mrinalini P., Teg B.S., Preksha S., Akbar A., Prem K.D., Sushma M. Effect of Heavy Metals on Plant Growth: An Overview // *Contaminants in Agriculture*. 2020. P. 79-101.
7. Тараканов Д.А. Алгоритм геоэкологической оценки особенностей фиторемедиации в условиях антропогенного загрязнения почв тяжелыми металлами / Д.А. Тараканов, А.М. Мифтахова, А.А. Фахертдинова // *Региональные аспекты экономической безопасности*. – Уфа, 2023. – С. 75-81. DOI: 10.33184/raeb-2022-10-28.9 EDN: TSZGOX
8. Zunaira S., Aneeza S., Abrar S., Ghulam A., Saliha S., Sana K., Natasha, Ghulam M., Camille D., Muhammad S. Copper uptake, essentiality, toxicity, detoxification and risk assessment in soil-plant environment // *Chemosphere*. 2020. Vol. 259. P. 127436. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2020.127436 EDN: KRRDTV
9. Anayat R. M., John P., Shamsul H. Copper: uptake, toxicity and tolerance in plants and management of Cu-contaminated soil // *BioMetals*. 2021. Vol. 34. P. 737-759. DOI: 10.1007/s10534-021-00306-z EDN: VLXJHM
10. Sari M., Cosgun T., Yalcin I.E., Taner M., Ozyigit I. Deciding heavy metal levels in soil based on various ecological information through artificial intelligence modeling // *Applied Artificial Intelligence*. 2021. Vol. 36. P. 1-17. DOI: 10.1080/08839514.2021.2014189 EDN: ENBCGU

А.С. Сафаров, Т.Р. Гурбанов, М.Ф. Умудова, safarov.aydin1938@mail.ru
*Министерство образования и науки Азербайджанской Республики, Институт Географии
им. акад. Г.А.Алиева, г. Баку, Азербайджан*

АНАЛИЗ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ ТЕРРИТОРИИ Г. БАКУ

Проведены крупномасштабные геоморфологические исследования как в районе развития оползней, так и в его окрестностях. Эти исследования позволили нам выявить следующие факторы, обуславливающие образование оползней: большие уклоны склонов, наличие мощного алювиально-делювиального покрова, представленного в основном суглинистым материалом, наличие грунтовых и подземных вод. благоприятные литолого-стратиграфические свойства коренных пород, утечка воды из водопроводов и канализационных систем, неправильный полив газонов, декоративных деревьев и кустарников.

Ключевые слова: оползни, алювиально-делювиальный чехол, глины, склон, грунтовые воды

A.S.Safarov, T.R.Gurbanov, M.F.Umudova, safarov.aydin1938@mail.ru
*Ministry of Education and Science of the Republic of Azerbaijan, Institute of Geography
named after. acad. G.A. Aliyev, Baku, Azerbaijan*

ANALYSIS OF LANDSLIDES IN THE TERRITORY OF BAKU CITY

Conducted large-scale geomorphological studies both in the area of landslide development and in its surroundings. These studies allowed us to identify the following factors that mainly determine the formation of landslides: high degree of slopes, the presence of a thick alluvial-deluvial cover, represented mainly by loamy material and groundwater, favorable lithological and stratigraphic properties of bedrock, water leakage from water supply and sewer systems, improper watering of lawns, ornamental trees and shrubs.

Keywords: landslides, alluvial-deluvial cover, clay, slope, groundwater

Геологические, геоморфологические и гидрогеологические условия Бакинского плато способствовали развитию здесь оползневых явлений. В пределах плато они развиты в районах мыса Баилова, парка Шехидляр Хиябаны, больницы Лечкомиссии №1, к северо-западу от мыса Султан и на северо-восточном склоне Зыхского антиклинального поднятия.

Изучением этих оползней ранее занимались И.И.Потатов (1954) [3], Н. Ш. Ширинов (1965) [4], А. К. Гюль (1960) [1]. и др.

Однако оживление оползней к югу от Нагорного парка и образование новых оползней в районе больницы Лечкомиссии №1 вновь привлекли внимание исследователей к изучению района развития оползней и выявлению основных причин их образования.

В геологическом строении города Баку (Бакинское синклинальное плато) принимают участие верхнеплиоценовые (апшеронские) известняки и четвертичные отложения, занимающие в основном центральную и более пониженные части Бакинского плато [4].

Бакинские и гюрджанские отложения развиты пятнами и занимают небольшую площадь. Литологически они представлены глинами, песками, известняками и галечниками. Наибольшую площадь занимают хазарские отложения, литологически представленные галечниками, известняками, ракушниками и суглинками. Хвалынские и новокаспийские отложения развиты в наиболее пониженной, приморской полосе мутьды и представлены в основном глинами и песками. Верхнеплиоцен-четвертичные отложения местами покрыты алювиально-делювиальным покровом, который представлен суглинками, местами содержащими большое количество песка и обломков пород. Мощность их изменяется в зависимости от де-

талей рельефа. Так, к северо-западу от мыса Баил, на правом склоне оврага мощность аллювиально-делювиального чехла не превышает 1,3 метра, а на его левом склоне достигает 2,5–3 метра, включая в себя глыбы известняков. В окрестностях здания больницы Лечкомиссии №1 мощность этих рыхлых отложений достигает 10 метров.

Климат Бакинского плато полупустынный. Среднегодовая температура воздуха равна 14,4°, среднегодовая сумма осадков достигает 200 мм, 60% из которых падает на ноябрь и март месяцы. Среднемесячная температура их достигает соответственно 10,9° и 6,2° [2; 5]

Геологическое и геоморфологическое строение плато, пестрота литологического состава пород, особенности климата определяют различные условия питания, циркуляции, расходования подземных вод на отдельных его участках.

В формировании грунтовых и подземных вод, в их режиме большое значение имеет просачивание вод из коммунальных коммуникаций, озер, расположенных на поверхности плато и из буровых скважин. Не исключена роль инфильтрации атмосферных осадков, которые в основном падают в холодный период года.

Ниже дается краткое описание оползней и районов их развития:

Район Нагорного парка сложен средней и верхней апшеронскими детритусовыми известняками, глинами, песчаниками, местами покрываемыми хазарскими и хвалынскими суглинками, ракушниками, галечниками, известняками и более молодыми аллювиально-делювиальными образованиями

К югу-западу от парка, на правом склоне оврага расположен древний оползень. Здесь склон крутой, с углом падения 28–30°. Основной причиной образования этого оползня явился глубокий врез (5–6 метров) в подножие склона оврага, способствовавший выходу на поверхность грунтовых вод. Длина оползневого потока достигает 80–100 метров. Поверхность его волнисто-бугристая. Длина стенки срыва в нем достигает 45–50 метров, при высоте около 6–7 метров. На поверхности оползневого тела посажены деревья и кустарники.

На стенке срыва, имеющей дугообразную форму, обнажаются нижеследующие отложения (сверху вниз):

1. Аллювиально-делювиальные суглинки, мощностью до 1 метра;
2. Известняки детритусовые – 1–1,5 метра;
3. Тонкие слои разноцветных песков – 0,25–0,30 метра;
4. Песчаники с битой ракушей серого цвета – 0,35–0,40 метра;
5. Тонкие слои суглинков, глин с редкими и мелкими галечниками и ракушей – 0,3 метра;
6. Глины с обильной примесью ракуши – 1,5 метра;
7. Тонкие слои песков, глин и суглинков видимая мощность 2–2,5 метра.

Под аллювиально-делювиальным покровом указанные отложения являются слоистыми и относятся к хазарскому времени.

К востоку от этого оползня, на склоне горы, на котором расположен Нагорный парк, наблюдается древний оползень-обвал блокового характера. В его образовании, наряду с грунтовыми водами, немаловажную роль сыграли тектонические трещины и землетрясения, происходившие в то время. Они способствовали отрыву и перемещению блока на расстояние около 25–30 метров. Высота стенки срыва достигает 40–45 метров. Здесь обнажаются слои песка, глин и суглинков. Видимая мощность их достигает 15–20 метров. Эти отложения сверху покрыты аллювиально-делювиальным покровом мощностью 1,5–2 метра.

В понижении, расположенном между оползнем-обвальным телом и склоном горы, развивается глинистый карст. На склоне и в понижении посажены деревья (Эльдарская сосна). Возраст последних по устным сообщениям лесоводов, достигает 40–45 лет.

Следует отметить, что на этом же склоне, немного выше от указанного участка, расположен другой блок, отделенный от горы трещиной шириной около 10–15 метров, глубиной 4–5 метров.

В настоящее время выше тела оползня – обвала строится дорога к новостройке, расположенной на склоне этой же горы, к востоку от оползня-обвала. Возможно, проведение

дороги совместно с глинистым карстообразованием в дальнейшем приведут к сдвигу оползне-обвального блока вниз.

Другой участок, где развиваются оползни, расположен между зданиями Телетеатра и больницы Лечкомиссии № 1. Ниже Телетеатра обнажаются известняки апшеронского возраста. Углы падения известняков достигают 15° (23°), а уклон поверхности склона около 17° . Выше Телетеатра апшеронские известняки покрыты мощным аллювиально-делювиальным покровом, литологические представленным суглинками, содержащими пески и обломки известняков. Вблизи Телетеатра видимая мощность покрова достигает 4–5 м. Выше по склону наблюдается увеличение мощности чехла. Так, выше здания Лечкомиссии №1, где производится рытьё котлована для заложения фундамента новостройки, мощность покрова превышает 10 метров. Уклон поверхности склона на территории больницы Лечкомиссии № 1 колеблется в пределах от $6-7^{\circ}$ до $16-18^{\circ}$. Ниже Лечкомиссии №1 уклон поверхности увеличивается до $25-28^{\circ}$.

На территории Лечкомиссии №1 мощный чехол аллювиально-делювиального покрова разбит трещинами на отдельные, количество которых достигает 6–7. Ширина трещин разная. Одна из них имеет ширину 35–40 см, глубиной около 3–4 метра. Ширина остальных трещин колеблется в пределах 10–12 см. Эти трещины начинаются за забором больницы Лечкомиссии № 1 и продолжают во дворе больницы. Забор во многих местах поврежден ими. По одной из этих трещин, в 25–30 метрах ниже здания больницы Лечкомиссии № 1, образовался обрыв высотой около 1,5 метра, длиной 40–45 метров. В связи с образованием обрыва на бровке его интенсивно развивается эрозия. Эта же трещина продолжается на территории гостиницы «Огненное пламя».

Одной из этих трещин повреждены низкие постройки, расположенные к северу от здания больницы Лечкомиссии № 1. Незначительная трещина наблюдается даже на стенке здания больницы.

Раздроблением трещинами на отдельные «блоки» мощных покровов аллювиально-делювиальных отложений нарушена устойчивость склона.

Весной 1978 г. в связи с незначительным сдвигом (оползанием) вниз по склону этих покровов были повреждены защитные придорожные стенки по ул. им. М.Гусейна и ее асфальтированное покрытие. В дальнейшем оползание такого мощного аллювиально-делювиального покрова может нанести серьёзный ущерб строительству этого района, особенно зданиям Телетеатра и больницы Лечкомиссии №1. В целях предотвращения этого следует провести ряд мероприятий, способствующих закреплению мощной толщи аллювиально-делювиального покрова.

Учитывая характер основных причин образования оползней, можно рекомендовать следующие мероприятия.

- 1) Перехватить подземные воды выше оползневого участка путем проведения подземной дренажной галерей в известняках; заложить лотки галерей в глинах и сквозные фильтры большого размера в толще рыхлых отложений. При этом следует учесть, что подземные воды в рыхлых отложениях, возможно, не образуют сплошного водоносного горизонта, а движутся в виде струй на разных уровнях.

- 2) Не допускать утечку и просачивания в грунт коммунальных вод и вод буровых скважин.

- 3) Провести микропланировку, террасирование и укрепление склонов, где развиты и в будущем ожидаются оползневые явления.

Для осуществления этих мероприятий необходимо подробно изучить покровные рыхлые отложения, их мощность, прочность, механический состав, минералогические, петрографические и инженерно-геологические свойства.

Геологическое строение и стратиграфия (структурная) отложений, развитых в пределах Бакинского плато, а также наличие озер в его окрестностях, которые возможно принимают участие в питании грунтовых вод не исключают возможности развития оползневых процессов здесь и на других участках Поэтому следует организовать исследование Бакин-

ского плато в следующем направлении:

I. Детальное и всестороннее изучение покровных рыхлых отложений.

II. Исследование структурных особенностей и трещиноватости подстилающих коренных пород.

При проведении этих исследований и изучении оползневых явлений необходимо широкое применение прогрессивных методов, в том числе моделирования, крупномасштабной аэрофотосъемки, исследования новейшей и современной аппаратуры. Желательно произвести фототеодолитную съемку в районах, где возможны проявления оползней.

Для проведения стационарных наблюдений в пределах оползневых участков, желательно организовать бакинскую оползневую станцию.

Библиографический список

1. Гюль А.К. О приуроченности древних оползней и морским террасам Апшеронского полуострова // Уч записки АГУ. Сер геол- геогр. наук, 1960, № 3. С. 10-15.
2. Мадатзаде А.А. Типы погоды и климат Апшерона (на азербайджанском языке). Изд-во АН Азербайджанской ССР, Баку, 1960. 360 с.
3. Потатов И.И. Апшеронская нефтеносная область (геологическая характеристика). Изд-во АН Азербайджанской ССР, Баку, 1954. 275 с.
4. Ширинов Н.Ш. Геоморфология Апшеронской нефтеносной области. Изд-во АН Азербайджанской ССР, 1965. 245 с.
5. Эйюбов А.Д. Климат Баку. Баку, «Азернешр», 1973. 175 с.

ПОДГОТОВКА ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОДВЕРЖЕННОСТИ ЛЕСОВ ВЕТРОВАЛАМ

В данной статье рассмотрены факторы, определяющие подверженность лесов ветровалам. Проведена подготовка данных для прогнозирования подверженности лесов ветровалам.

Ключевые слова: ветровалы, породный состав, факторы местоположения, степень подверженности

A.V. Semakina, anastaiasemakina@gmail.com

Perm State University, Perm, Russia

PREPARATION OF DATA FOR PREDICTING THE SUSCEPTIBILITY OF FORESTS TO WINDSTORMS

In this paper, the factors determining the susceptibility of forests to windthrow are discussed. Data preparation for predicting the susceptibility of forests to windthrow is carried out.

Keywords: windthrow, species composition, landscape factors, degree of exposure

Россия занимает особое, уникальное положение в мире по площади лесов. Более 49% территории страны покрыто лесами, что составляет около 20% площади всех лесов планеты [1]. Леса регулярно подвергаются воздействию опасных природных явлений, таких как сильные ветра, шквалы и смерчи, засухи и лесные пожары, отложения мокрого снега и гололеда. Нарушения лесного покрова, вызванные природными факторами (пожарами, ветровалами, вспышками численности вредителей и болезнями древостоя) являются важнейшим элементом естественной динамики лесных экосистем. Ветровалы являются наиболее значимым видом природных нарушений для темнохвойных и смешанных темнохвойно-мелколиственных лесов, занимающих обширные площади на Европейской территории России. В условиях изменения климата потери лесов от нарушений природного характера могут увеличиться, несмотря на совершенствование методов их мониторинга и прогнозирования [12].

Подверженность лесов воздействию сильных ветров определяется характеристиками насаждения, характеристиками местоположения и характером лесопользования [3]. Среди характеристик древостоя, влияющих на устойчивость к воздействию сильных ветров, выделяют породный состав, возраст древостоя, высоту и диаметр ствола, свойства кроны и структуру корневой системы, а также полноту древостоя. К факторам, связанным с характеристиками местности, относятся климатические, орографические (высота над уровнем моря, крутизна склона), почвенно-гидрологические (механический состав почвы, содержание влаги в почве, глубина залегания грунтовых вод и т.д.). Характер лесопользования влияет на подверженность лесов ветровалам за счет появления новых открытых пространств внутри насаждения. Деревья на границе появившегося открытого пространства не адаптированы к более сильным ветрам, за счет чего повышается вероятность слома или вывала древостоя.

Среди первых наиболее значимы: породный состав, высота деревьев, возраст (включая распределение деревьев по возрасту в насаждении), особенности крон и корневой системы, полнота древостоя [4, 5, 11]. Подверженность ветровалам значительно возрастает в хвойных лесах в сравнении с лиственными. Также она выше в насаждениях с однородной возрастной структурой [8] и на участках, где искусственно снижена полнота древостоя. Установлено, что

ключевыми факторами местоположения являются рельеф, мощность почвенного профиля, механический состав и влажность почвы [4], близость открытых пространств и водоемов. Факторами, повышающими подверженность, являются наветренные склоны, маломощные каменистые почвы и их высокая влажность.

Для оценки подверженности лесов Европейской территории России (ЕТР) ветровалам планируется разработать обучаемую модель, основанную на методе случайных лесов (Random Forest). Для создания обучающей выборки выбраны несколько случаев крупных ветровалов, произошедших в лесной зоне ЕТР в разных природных зонах (от северной тайги до южной части лесной зоны). Были выбраны наиболее крупные ветровалы, вызванные шквалами в период с 2017 по 2024 гг. (в период действия съемочной системы Sentinel-2). Обеспечивает увеличение объема выборки и позволяет учитывать разнообразие характеристик лесов, подвергшихся ветровалу, на локальном уровне.

В настоящей работе рассматривается 10 предикторов, влияющих на подверженность лесов ветровалам. Из характеристик древостоя учитываются: преобладающая порода, высота древостоя и запас древесины. Для оценки преобладающих пород выполнена классификация спутниковых снимков Sentinel-2, полученных до ветровалов с помощью метода Random Forest (выполнялась в пакете ESA SNAP). Легенда классификации соответствует легенде карты растительности России [1], а также карты растительности Пермского края [2]. Для классификации использованы спектральные каналы 4, 5, 8, 11. Высота древостоя оценена по данным Global Forest Canopy Height [9], а запас древесины – по данным GlobBiomass [10] с пространственным разрешением 100 м.

Среди факторов местоположения рассмотрены уклон, общая кривизна, выпуклость склона (Convexity) и специализированный параметр Wind Effect, характеризующий влияние экспозиции и уклона склона на скорость ветра. Данные переменные рассчитаны по ЦМР FABDEM средствами ГИС SAGA [7]. Из характеристик лесопользования оценивается доля свежих вырубок возрастом до 10-15 лет (выделены по данным Global Forest Change [6]) и расстояние от участка до ближайшей свежей вырубки с помощью буферной зоны, построенной вокруг свежих вырубок. Размер буферной зоны вокруг вырубок принят равным 150 м.

Для оценки подверженности лесов ветровалам была построена прямоугольная сетка с размером ячейки 500×500 м вокруг каждого ветровала (в пределах минимального ограничивающего полигона вокруг него). В каждой ячейке сетки вычислены средние по площади значения признаков (характеристик лесных насаждений, рельефа, лесопользования), а также доля площади ветровала от общей площади ячейки (значения независимой переменной). Все характеристики в ячейках сетки приведены в числовом формате. Данные о породном составе лесов представлены в виде доли площади ячейки, занятой участком леса с той или иной преобладающей породой. Таким образом, объем обучающей выборки определяется количеством ячеек в сетке. В настоящее время он составляет свыше 33 тыс. ячеек, которые выделены для 4-х различных случаев ветровалов.

На следующем этапе была выполнена оценка значимости признаков, влияющих на подверженность лесов ветровалам. Для этого были рассчитаны непараметрические коэффициенты корреляции Спирмена между долей площади ветровала в ячейке и значениями независимых переменных. Для разных ветровалов получены существенно различающиеся результаты, при этом вследствие большого объема выборки большинство корреляций оказались статистически значимыми. Наиболее высокие коэффициенты корреляции с площадью ветровалов в ячейке выявлены для площади темнохвойных и смешанных лесов, а также для запаса древесины. Также значимость признаков оценивалась с помощью метода Random Forest. Наиболее значимыми признаками оказались площадь темнохвойных и смешанных лесов.

Исследование выполнено при поддержке РНФ и Пермского края, проект № 24-27-20111

Библиографический список

1. Барталев С.А., Егоров В.А., Жарко В.О., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Хвостиков С.А., Шабанов Н.В. Спутниковое картографирование растительного покрова России. – М.: ИКИ РАН, 2016. – 208 с. ISBN: 978-5-00015-006-1 EDN: YOBJAV
2. Шихов А.Н., Семакина А.В. Картографирование растительного покрова Пермского края по спутниковым снимкам Landsat // Географический вестник. 2022. №1. С. 150-164. DOI: 10.17072/2079-7877-2022-1-150-164 EDN: NZRXVG
3. Шихов А.Н., Чернокульский А.В., Калинин Н.А., Пьянков С.В. Ветровалы в лесной зоне России и условия их возникновения: монография. – Пермь, 2023. – 284 с. ISBN: 978-5-7944-4009-6 EDN: WSTBAY
4. Dobbertin M. Influence of stand structure, site factors on wind damage comparing the storms Vivian and Lothar // Forest, Snow and Landscape Res. 2002. V. 77(1-2). P. 187-205.
5. Hanewinkel M., Kuhn T., Bugmann H., Lanz A., Brang P. Vulnerability of uneven-aged forests to storm damage // Forestry. 2014. V. 87. P. 525-534. DOI: 10.1093/forestry/cpu008
6. Hansen, M. C., P. V. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S. A. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau, S. V. Stehman, S. J. Goetz, T. R. Loveland, A. Kommareddy, A. Egorov, L. Chini, C. O. Justice, and J. R. G. Townshend. 2013. "High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change". Science 342 (15 November): 850-53. Data available on-line from: <http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>.
7. Hawker, L., Uhe, P., Paulo, L., Sosa, J., Savage, J., Sampson, C., & Neal, J. (2022). A 30 m global map of elevation with forests and buildings removed. Environmental Research Letters, 17(2), 024016. DOI: 10.1088/1748-9326/ac4d4f EDN: AUPPCP
8. Mitchell S.J. Wind as a natural disturbance agent in forests: a synthesis // Forestry. 2013. V.86. P. 147-157. DOI: 10.1093/forestry/cps058 EDN: RQJWGJ
9. Potapov P. et al. Mapping and monitoring global forest canopy height through integration of GEDI and Landsat data // Remote Sensing of Environment. 2020. Art. No. 112165. DOI: 10.1016/j.rse.2020.112165 EDN: PQAAXD
10. Santoro, M., et al. The global forest above-ground biomass pool for 2010 estimated from high-resolution satellite observations, Earth Syst. Sci. Data, 2021. V. 13. P. 3927-3950. DOI: 10.5194/essd-13-3927-2021 EDN: WVUZUK
11. Seidl R. et al. Modelling natural disturbances in forest ecosystems: A review // Ecol. Modelling. 2011. V. 222(4). P. 903-924. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2010.09.040 EDN: OKNYUD
12. Venäläinen A. et al. Climate change induces multiple risks to boreal forests and forestry in Finland: A literature review // Glob. Change Biol. 2020. V. 26 (8), P. 4178-4196. DOI: 10.1111/gcb.15183 EDN: JBAUOL

ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА: РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ

В статье дан обзор нормативных правовых актов, регулирующих общественные отношения в сфере обращения с данными дистанционного зондирования Земли из космоса за последние 30 лет. Показано становление правового статуса спутниковых данных в 2011 г. и бурное развитие правового регулирования в этой сфере в 2018–2019 гг. Подчеркивается важность создания государственного геопортала космических данных и взаимодействия различных органов государственной власти.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, правовое регулирование, геопортал

O. S. Sergeeva, oikeo@mail.ru

Perm State University, Perm, Russia

LEGAL ASPECTS OF THE USE OF EARTH REMOTE SENSING DATA FROM SPACE: RETROSPECTIVE ANALYSIS

The article provides an overview of regulations governing public relations in the field of handling Earth remote sensing data from space over the past 30 years. The formation of the legal status of satellite data in 2011 and the rapid development of legal regulation in this area in 2018–2019 are shown. The importance of creating a state geoportal for space data and interaction between various government bodies is emphasized.

Keywords: remote sensing, legal regulation, geoportal

Реализация политики национальной безопасности и устойчивого развития общества базируется на постоянном потоке информации о состоянии наземных и водных объектов природы и техносферы. Объективность и качество такой информации обеспечивается возможностями современных передовых цифровых технологий. Они позволяют осуществлять поиск и сбор актуальной информации, ее систематизацию и качественную обработку, необходимую для составления долгосрочных прогнозов развития негативных явлений как в естественной среде, так и в среде обитания человека. Эта информация становится настолько востребованной в сфере общественных отношений, что ее использование требует особого правового регулирования.

Гражданский кодекс РФ устанавливает права на результаты интеллектуальной деятельности, то есть возникает особое понятие интеллектуальной собственности, защита прав на которую регулируется гражданским законодательством. Обладателем таких прав, особенно в области космической деятельности, как правило, является государство и созданные им государственные учреждения, корпорации и публично-правовые компании. Соответственно, собственником ресурсов устанавливаются определенные правила и требования по использованию принадлежащих ему информационных данных, ограничения и плата за их использование [2, 3, 7]. Все это должно быть изложено в специальных нормативных правовых актах и документах. Конечно, особую сферу составляют международные отношения по правовому статусу данных, полученных со спутников и космического мониторинга, обмен информацией в рамках международных обязательств, но эти проблемы нужно рассматривать отдельно [6].

Данное исследование посвящено истории и анализу правового регулирования обращения с информацией, полученной со спутников в России. Обзор становления таких отношений стоит начать с 1993 года, когда был принят базовый и до сих пор актуальный закон «О космической деятельности» (от 20.08.1993 № 5663-1). Первоначальный вариант закона более чем за 30 лет многократно редактировался. Так, понятие «дистанционного зондирования Земли» (ДЗЗ) появляется в законе только в редакции 2011 г. (Федеральный закон от 21.11.2011 №331-ФЗ). Что касается положений, связанных с использованием данных ДЗЗ, то особо следует отметить дополнения, внесенные в 2018 году (Федеральный закон от 07.03.2018 N 46-ФЗ). Эти положения связаны с созданием федерального фонда данных дистанционного зондирования Земли. В частности, был введен новый раздел VIII, в котором определено назначение и содержание федерального фонда данных дистанционного зондирования Земли из космоса, его функционирование, платность за предоставление информации из фонда.

Важным событием является разработка Концепции развития российской космической системы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) на период до 2025 года, утвержденная федеральным космическим агентством в 2006 году. В Концепции были четко изложены актуальные задачи ДЗЗ и требования к полученной информации для их решения, перспективные направления и области применения ДЗЗ, сформулирован необходимый состав российской космической системы и этапы ее создания.

Нельзя не упомянуть о существовавшей в то время проблеме широкого доступа к пространственной информации, традиционно доставшейся с советских времен. Для ее решения Правительством РФ было установлено, что данные дистанционного зондирования Земли из космоса, получаемые с зарубежных космических аппаратов и российских космических аппаратов гражданского назначения, не подлежат отнесению к государственной тайне и публично используются в соответствии с законодательством Российской Федерации. (Постановление Правительства РФ от 17.12.2014 № 1390).

В 2015 году было упразднено Федеральное космическое агентство и создана Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос» (Федеральный закон от 13 июля 2015 г. № 215-ФЗ). Работа Роскосмоса в первую очередь направлена на оказание услуг государственным организациям, в 2017 году его приказом утверждены типовые контракты на оказание услуг в сфере космической деятельности (Приказ Госкорпорации «Роскосмос» от 27.12.2017). Это услуги по запуску космических аппаратов, по приему, обработке и архивации спутниковой информации.

С созданием федерального фонда данных дистанционного зондирования Земли из космоса в 2018 году возникает необходимость правового регулирования обращения с данными этого фонда. Оператором фонда назначается Госкорпорация «Роскосмос», за которой закреплены следующие полномочия (Постановление Правительства РФ от 31 мая 2019 г. № 689):

- включение данных ДЗЗ в федеральный фонд;
- ведение их учета, хранение;
- предоставление данных органам государственной власти и органам местного самоуправления, а также подведомственным им учреждениям, предприятиям, иным юридическим и физическим лицам;
- создание, хранение и размещение на официальном сайте информации о данных и копиях данных, содержащихся в федеральном фонде;
- взимание платы за предоставление данных и копий данных, в соответствии с установленным порядком;
- взаимодействие с государственными и ведомственными фондами, содержащими в том числе данные и копии данных;
- обеспечение защищенности данных и копий данных, хранящихся в федеральном фонде.

Вслед за этим Роскосмосом были утверждены требования к форме и содержанию предоставляемой информации о данных ДЗЗ из космоса и копиям этих данных, включая состав основных характеристик, необходимых для идентификации данных (приказ Госкорпорации "Роскосмос" от 07.06.2019 № 173). Метаданные, содержащие основные характеристики, необходимые для их идентификации, должны быть сформированы в виде файлов в формате XML в соответствии с описанием структуры таких файлов в формате XSD. Следующим приказом Роскосмоса был утвержден порядок предоставления данных ДЗЗ из космоса заинтересованным лицам, в частности, форма заявки, порядок и способы ее подачи, порядок внесения платы за предоставление данных (приказ Госкорпорации "Роскосмос" от 16.07.2019 №215).

Летом 2019 года был также принят целый ряд постановлений Правительства Российской Федерации, направленных на урегулирование пользования фондом пространственных данных ДЗЗ из космоса. Утверждаются Правила расчета и определения размера платы за предоставление данных дистанционного зондирования Земли из космоса (Постановление Правительства РФ от 29.06.2019 № 840). Утверждается Положение о порядке и особенностях предоставления данных ДЗЗ из космоса заинтересованным лицам путем прямой передачи (Постановление Правительства РФ от 24.08.2019 № 1087). При этом указано, что такие пользователи должны иметь лицензию на осуществление космической деятельности в части работ по приему и обработке космической информации.

Очень важно отметить целый ряд нормативных актов, направленных на определение порядка обмена данными ДЗЗ между различными государственными структурами для поддержания их актуальности, уточнения. Так, для включения в федеральный фонд данных ДЗЗ из космоса актуальной информации, которой располагают федеральные органы исполнительной власти, подведомственные им бюджетные и казенные учреждения, утверждаются Правила передачи такой информации (Постановление Правительства РФ от 24.08.2019 № 1086).

Обмен данными также может способствовать поддержанию промышленной и экологической безопасности. Именно для этого утвержден регламент взаимодействия федерального фонда данных дистанционного зондирования Земли из космоса и единого государственного фонда данных о состоянии окружающей среды, ее загрязнении (Приказ Госкорпорации "Роскосмос" № 257, Росгидромета № 388 от 15.08.2019).

Одновременно устанавливаются Правила взаимодействия с другими государственными фондами (Постановление Правительства РФ от 24.08.2019 № 1088). Устанавливается особый регламент взаимодействия федерального фонда данных ДЗЗ из космоса и федерального фонда пространственных данных подведомственного Федеральной службе государственной регистрации, кадастра и картографии (Постановление Правительства РФ от 26.10.2019 № 1377). Такое сотрудничество предполагает не только актуализацию имеющейся информации, но и более эффективное ее использование для экономики и хозяйственных нужд. Особенно важным это становится в связи с утверждением госпрограммы РФ «Национальная система пространственных данных» (Постановление Правительства РФ от 01.12.2021 № 2148), которая направлена на расширение отечественного геопространственного обеспечения, повышения качества данных о наземных объектах, их состоянии, границах и координатах.

Результат этой огромной проделанной работы представлен в современном программно-технологическом решении геопортала Роскосмоса (<https://gptl.ru/>). Практическое значение функционирования геопорталов самого различного уровня трудно переоценить. Об этом неоднократно упоминается в трудах российских ученых [1, 4, 5]. В настоящее время геопортал Роскосмоса содержит более 4 Пб данных с различных космических аппаратов, сочетает в себе возможности просмотра космических снимков и заказа съемки определенных территорий с возможностью онлайн-оплаты за услуги. Сервис постоянно совершенствуется для удовлетворения запросов пользователей, повышения качества предоставляемой информации.

Завершая ретроспективный анализ правового регулирования обращения с данными дистанционного зондирования Земли из космоса, нельзя не остановиться на ожидаемом при-

нятии нового закона «О дистанционном зондировании Земли из космоса», который должен устранить ряд пробелов в законодательстве о космической деятельности. Законопроект был разработан Госкорпорацией Роскосмос в 2021 году, принятие его ожидается в 2024 году. Законом будут более точно определены права и обязанности органов власти, юридических и физических лиц в порядке пользования данными, в частности, для использования их как доказательной базы при осуществлении надзорной деятельности специально уполномоченными органами власти. Более детально будут проработаны вопросы международных отношений. В целом можно отметить, что данным законом российская космическая система с ее сервисами будет определена как самостоятельный предмет регулирования со своим понятийным аппаратом, соответствующим современной терминологии в рамках международного права и цифровой экономики.

Таким образом, подводя итоги представленного обзора правовой документации по обращению с данными ДЗЗ из космоса за последние 30 лет, можно отметить, что внимание законодателя к этому процессу постоянно повышается. Правовой статус ДЗЗ устанавливается только в 2011 г., но переломными можно назвать 2018-2019 гг., когда целым рядом нормативных актов определяются права и обязанности самого широкого круга участников этих отношений, их взаимодействие. Создается национальный геопортал, постоянно расширяются его возможности в сфере оказания услуг в предоставлении данных ДЗЗ. Все эти события становятся базовой подготовкой для принятия в ближайшем будущем нового специального закона о дистанционном зондировании Земли из космоса, который позволит более эффективно решать задачи экономики, хозяйственной деятельности и национальной безопасности.

Библиографический список

1. Кошкарев А.В. Пространственные метаданные и геопорталы как средства интеграции геоинформационных ресурсов и сервисов // Известия РАН. Серия географическая. 2009. № 1. С.121-123. EDN: JVVJGZ
2. Кошкарев А.В. Нормативная правовая база геоинформатики и стандартизация пространственных данных // ИНТЕРКАРТО. ИНТЕРГИС. 2015. Т. 21. С.474-478. DOI: 10.24057/2414-9179-2015-1-21-474-478 EDN: ZIDSDH
3. Кошкарев А.В. Нормативное правовое и нормативно-техническое обеспечение развития геоинформатики в эпоху цифровой экономики // Вестник северо-восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Науки о Земле. 2019. № 3(15). С.46-54. DOI: 10.25587/SVFU.2019.15.37091 EDN: EYWORU
4. Кошкарев А.В., Ротанова И.Н. Российские научно-образовательные и отраслевые геопорталы как элементы инфраструктуры пространственных данных // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. 2014. Т. 12. № 4. С.38-52. EDN: TMFZPN
5. Лошкарев П.А., Пушкарский С.В. Технологии федерального фонда данных дистанционного зондирования Земли в интересах решения региональных задач // В сборнике: Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли: материалы VIII Международной научной конференции. Красноярск, 14-17 сентября. 2021. С. 35-36. EDN: XRCWAA
6. Лысенко М.Н., Ложковой П.Н. Использование спутников для дистанционного зондирования Земли: правовые проблемы и перспективы // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: гуманитарные науки. 2022. Т. 15. № 12. С.1763-1777. DOI: 10.17516/1997-1370-0950 EDN: EQTEVT
7. Павлов А.В., Никитин И.А., Гронь А.В., Головина Т.Ю. Федеральный фонд данных ДЗЗ из космоса. Особенности предоставления данных ДЗЗ физическим и юридическим лицам. // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли: материалы IX Международной научной конференции. Красноярск, 13-16 сентября. 2022. С.65-67. EDN: LTHDIO

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ МАГНИЯ В ПОЧВЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ОБРАТНЫХ ВЗВЕШЕННЫХ РАССТОЯНИЙ

В статье рассматриваются методы восстановления территории, воздействие дефицита Mg на растения, который приводит к снижению роста, количества биомассы и развития растения. Для предварительной оценки концентраций необходимых для растений микро- и макроэлементов предложен метод количественной оценки металлов с помощью построения и анализа пространственного распределения. Результаты анализа пространственного распределения Mg в почве показывают, что с увеличением высоты, значения концентраций Mg также увеличиваются. Полученные результаты могут явиться основой для принятия решений при восстановлении загрязненной почвы.

Ключевые слова: цифровые технологии, загрязнение тяжелыми металлами, растения, магний, пространственное распределение, метод обратных взвешенных расстояний

Dm.A. Tarakanov, N.D. Ovchinnikova, R.E. Malofeev
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

ANALYSIS OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF MAGNESIUM CONCENTRATIONS IN SOIL USING THE INVERSE WEIGHTED DISTANCE METHOD

The article discusses methods of restoration of the territory, the impact of Mg deficiency on plants, which leads to a decrease in growth, the amount of biomass and plant development. For a preliminary assessment of the concentrations of micro- and macronutrients necessary for plants, a method for quantifying metals using the construction and analysis of spatial distribution is proposed. The results of the analysis of the spatial distribution of Mg in the soil show that with increasing altitude, the values of Mg concentrations also increase. The results obtained can be the basis for decision-making in the restoration of contaminated soil.

Keywords: digital technologies, heavy metal pollution, plants, magnesium, spatial distribution, inverse weighted distance method

Сегодня глобальной проблемой в мире является возрастающее загрязнение почвы тяжелыми металлами. Наличие такой проблемы подтверждено множеством стран. Одной из причин является обширная антропогенная деятельность особенно в период высоких темпов урбанизации и стремительной индустриализации [1–3].

Тяжелые металлы представляют собой группу вредных загрязнителей с высокой токсичностью, биоаккумуляцией и неспособностью к биологическому разложению [4]. Тяжелые металлы могут попадать в пищевые цепочки и наносить вред здоровью человека. При попадании в организм тяжелые металлы нарушают функции внутренних органов, работу дыхательных систем и могут приводить к раковым заболеваниям [5]. Загрязнение почвы тяжелыми металлами приводит к снижению плодородия, биоразнообразия, дефициту питательных веществ, нарушает процесс фотосинтеза растений, сокращает рост и количество биомассы сельскохозяйственных культур [6].

Попадание тяжелых металлов в экосистему может происходить по естественным причинам (природные пожары, извержения вулканов, выветривание горных пород и др.) или в результате антропогенной деятельности (добыча полезных ископаемых, металлургическая

промышленность, сельскохозяйственная деятельность, возрастающее количество автомобильного транспорта) [7, 8].

Для восстановления загрязненных тяжелыми металлами территорий применяются биологические, физические и химические методы. Последние, как правило, дорогостоящие, могут приводить к изменениям свойств почвы и ухудшать состояние экосистемы. Перспективной альтернативой является эффективная и недорогостоящая технология – фиторемедиация, которая предполагает использование зеленых растений для накопления и перемещения из почвы тяжелых металлов [9]. Успех фиторемедиации во многом зависит от выбора растений. Они должны обладать способностью поглощать и накапливать металлы из почвы, иметь высокое количество биомассы и скорость роста. Выбор растения зависит от загрязненной территории: климатических условий, характеристик почвы, биодоступности металлов, наличия необходимых для роста растения микро- и макроэлементов в почве и др.

Так, одним из важных макроэлементов для физиологических и биохимических процессов растений является магний (Mg). Магний играет значительную роль в росте корней растений, протекании процесса фотосинтеза, ассимиляции углерода, связывании АТФ для участия в энергетическом метаболизме и др. При восстановлении территории в почве может наблюдаться дефицит магния. Результатом становится снижение роста, количества биомассы и развития растения, что напрямую влияет на успех фиторемедиации.

Для снижения риска дефицита необходимых микро- и макроэлементов необходимо выполнять количественную оценку необходимых элементов в почве (в данном случае Mg). Для этого можно использовать цифровые технологии, которые обеспечивают мощными инструментами для сбора, анализа и визуализации данных. Так, для количественной оценки микро- и макроэлементов в почве можно выполнить построение и анализ пространственного распределения концентраций элементов в почве. Результаты позволят выделить зоны с дефицитом необходимых микро- и макроэлементов, определить характер и вид загрязнения, что даст основу в решении вопросов восстановления нарушенных земель. В связи с этим целью работы является количественная оценка концентраций Mg в почве с помощью анализа пространственного распределения.

Объектом исследования являются 300 образцов почвы, которые собраны с горы Ида (Турция). Точки отбора проб отображены на рис. 1. Образцы доставлялись в лабораторию. По результатам работы определено 3 300 значений концентраций тяжелых металлов. Подробное описание процедуры получения значений концентраций отображено в работе [10].

В качестве метода исследования выступает детерминированный метод обратных взвешенных расстояний, выполненный в рабочей среде ArcGIS PRO 2.8.6. Результаты по пространственному распределению концентраций Mg в почве представлены на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что с увеличением высоты от 20 м (точка 1) до 700 м (точка 8) значения концентраций Mg также увеличиваются: наибольшие значения наблюдаются вблизи точки 8 и лежат в диапазоне от 2 528,48 мг/кг до 2 780,21 мг/кг. Далее следует последовательное снижение концентраций до 1 770,78 мг/кг в области, ограниченной точками 9 и 10. Вблизи точек 11 и 12 наблюдается резкое увеличение концентраций Mg до максимальных значений в 3 543,58 мг/кг. После происходит снижение концентраций в зоне точек 14–16 (высота – 1 300–1 500 м) до минимальных значений в 1 685,24 мг/кг. Концентрации в зоне рядом с точками 17, 18, 20 последовательно увеличиваются до максимальных значений в 3 543,58 мг/кг (точка 20, высота – 1 678 м). Вблизи точки 19 наблюдается снижение концентраций с 2 142 мг/кг до 1 770,78 мг/кг.

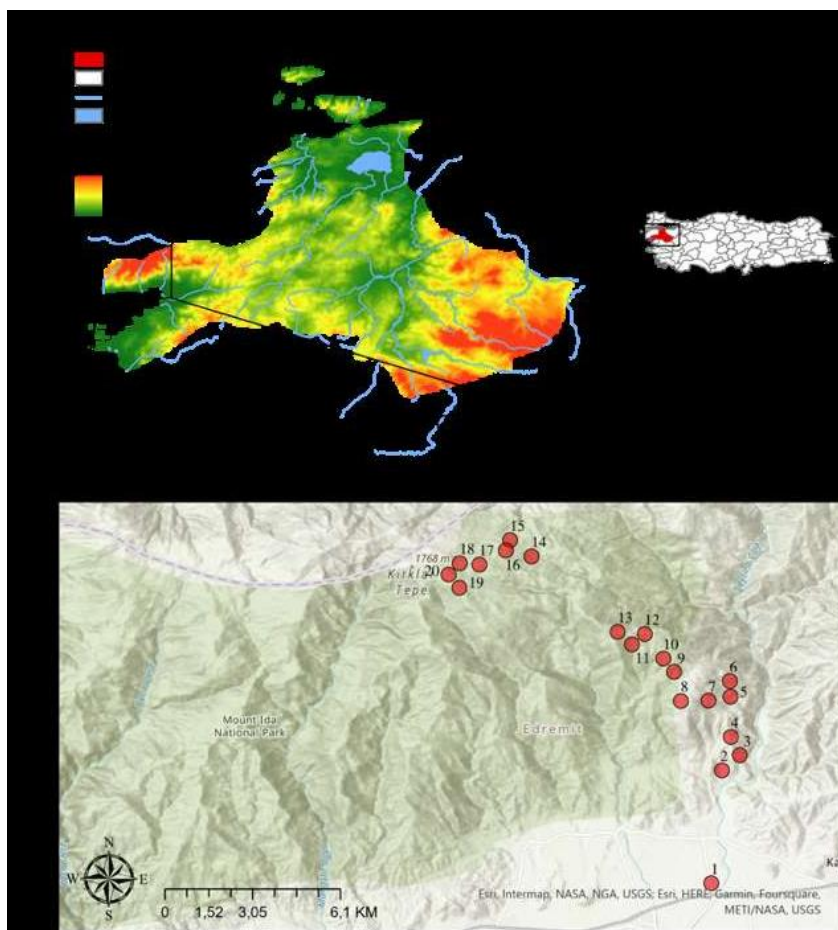


Рис. 1. Карта исследуемой области

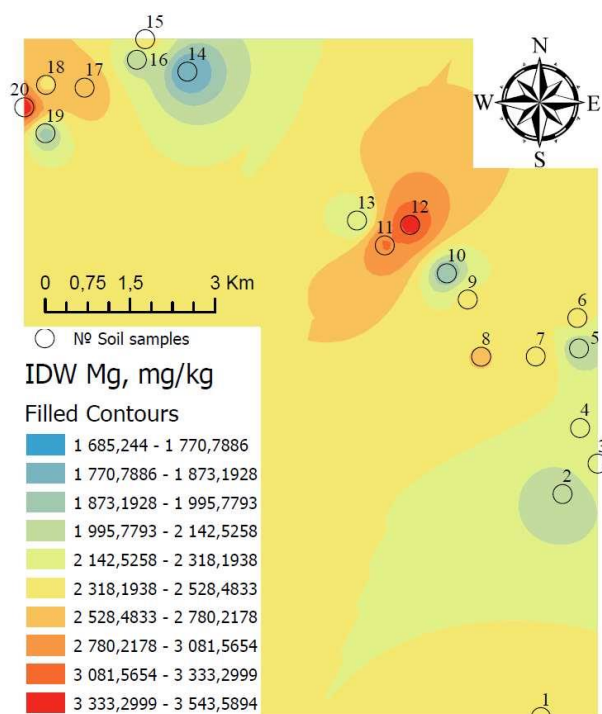


Рис. 2. Пространственное распределение Mg с использованием метода обратных взвешенных расстояний

Таким образом, в статье рассматриваются методы восстановления территории, воздействие дефицита Mg на растения, который приводит к снижению роста, количества био-

массы и развития растения. Для предварительной оценки концентраций необходимых для растений микро- и макроэлементов предложен метод количественной оценки металлов с помощью построения и анализа пространственного распределения. Результаты анализа пространственного распределения Mg в почве показывают, что с увеличением высоты, значения концентраций Mg также увеличиваются. Полученные результаты могут явиться основной для принятия решений при восстановлении загрязненной почвы.

Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Уфимского университета науки и технологий (ПРИОРИТЕТ-2030).

Библиографический список

1. Umair A., Huma A., Hafsa S., Muhammad B., Hafiz M.S.M., Muhammad S., Muhammad A., Afaq H., Nova R., Saravanan R., Muhammad M., Kuan S.K. Remediation techniques for elimination of heavy metal pollutants from soil: A review // *Environmental Research*. 2022. Vol. 214. P. 113918. DOI: 10.1016/j.envres.2022.113918 EDN: DIQFFU
2. Елизарьев А.Н. Оценка антропогенного воздействия на гидроэкологический режим водных объектов (на примере р. Белой): дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.36. утв. 31.05.2007. СПб., 2007. 185с. EDN: NOSDER
3. Кияшко И.Ю., Кияшко Л.Ю., Елизарьев А.Н., Манякова Г.М., Габдулхаков Р.Р., Мартынова О.Г. Моделирование экологических ЧС, вызванных загрязнением водных объектов // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 2. С. 159-163. EDN: VONVXN
4. Елизарьева Е.Н., Фахертдинова А.А., Елизарьев А.Н., Тараканов Д.А., Кудашкина Н.В. Геоэкологическая оценка особенностей фиторемедиации при использовании *Falloria sachalinensis* в условиях антропогенного загрязнения тяжелыми металлами почв Башкирского Зауралья // *Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле*. 2022. № 42. С. 41-57. DOI: 10.26516/2073-3402.2022.42.41 EDN: SWVEWN
5. Li C., Mingxi Z., Jingzhe W., Zhiqin Z., Chengjiao D., Xiangxiang W., Shuling Z., Xiaohan B., Zhijie L., Zimin L., Linchuan F. A global meta-analysis of heavy metal(loid)s pollution in soils near copper mines: Evaluation of pollution level and probabilistic health risks // *Science of The Total Environment*. 2022. Vol. 835. P. 155441. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.155441 EDN: XAAMQI
6. Тараканов Д.А. Алгоритм геоэкологической оценки особенностей фиторемедиации в условиях антропогенного загрязнения почв тяжелыми металлами / Д.А. Тараканов, А.М. Мифтахова, А.А. Фахертдинова // *Региональные аспекты экономической безопасности*. – Уфа, 2023. – С. 75-81. DOI: 10.33184/raeb-2022-10-28.9 EDN: TSZGOX
7. Talal A., Abdelbaset S. El-S. Spatial distribution and risk assessment of heavy metals pollution in soils of marine origin in central Saudi Arabia // *Marine Pollution Bulletin*. 2021. Vol. 170. P. 112605. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2021.112605 EDN: WJGSST
8. Imran K., Samrah A.A., Muhammad R., Shafaqat A., Muhammad J. H., Marian B., Xinquan Z., Linkai H. Effects of silicon on heavy metal uptake at the soil-plant interphase: A review // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2021. Vol. 222. P. 112510. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2021.112510 EDN: SUEJDI
9. Xing S., Min D., Jiawei Y., Lin S., Xiao T., Changsheng P., Imran A., Iffat N. A critical review on the phytoremediation of heavy metals from environment: Performance and challenges // *Chemosphere*. 2022. Vol. 291. P. 132979.
10. Sari M., Cosgun T., Yalcin I.E., Taner M., Ozyigit I. Deciding heavy metal levels in soil based on various ecological information through artificial intelligence modeling // *Applied Artificial Intelligence*. 2021. Vol. 36. P. 1-17. DOI: 10.1080/08839514.2021.2014189 EDN: ENBCGU

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ КАЛЬЦИЯ В ПОЧВЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ИНТЕРПОЛЯЦИИ КРИГИНГА

В статье рассматривается проблема загрязнения почвы тяжелыми металлами, приводятся методы восстановления территории, воздействие дефицита Са на растения, который приводит к некрозу молодых растущих листьев и гнили плодов в конце цветения. Для предварительной оценки концентраций Са в почве предложен метод количественной оценки с помощью построения пространственного распределения, используя метод кригинга. Полученные результаты по распределению концентраций Са в почве могут способствовать в решении вопросов, связанных с восстановлением загрязненной почвы.

Ключевые слова: цифровые технологии, загрязнение тяжелыми металлами, растения, кальций, пространственное распределение, метод интерполяции кригинга

Dm.A. Tarakanov, R.E. Malofeev
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

ANALYSIS OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF CALCIUM CONCENTRATIONS IN SOIL USING THE KRIGING INTERPOLATION METHOD

The article deals with the problem of soil pollution with heavy metals, provides methods for restoring the territory, the effect of Ca deficiency on plants, which leads to necrosis of young growing leaves and rot of fruits at the end of flowering. For a preliminary assessment of Ca concentrations in the soil, a quantitative assessment method is proposed by constructing a spatial distribution using the kriging method. The obtained results on the distribution of Ca concentrations in the soil can contribute to solving issues related to the restoration of contaminated soil.

Keywords: digital technologies, heavy metal pollution, plants, calcium, spatial distribution, kriging interpolation method

В современном мире, когда наблюдаются высокие темпы роста урбанизации и индустриализации, все больше актуальной становится проблема загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами. Это группа элементов имеет плотность более 5 г/см^3 , характеризуется высокой токсичностью и неспособностью к биологическому разложению [1- 3].

В связи с чем тяжелые металлы могут долгое время сохраняться в почве, приводя к снижению количества биомассы растений, нарушению процесса фотосинтеза и усвоения питательных веществ, влияя на размеры устьиц и скорость транспирации. Также тяжелые металлы могут наносить вред здоровью человека. Попадая в пищевую цепочку, они способны приводить к острым или хроническим заболеваниям [4].

Основным источником загрязнения почвы тяжелыми металлами является антропогенная деятельность: производство энергии, добыча полезных ископаемых, металлургическая промышленность, сельскохозяйственная деятельность, ежегодное увеличение количества автотранспорта и др. Также различают естественные источники попадания тяжелых металлов в экосистему, среди которых можно выделить извержение вулканов, выветривание горных пород, природные пожары и др. [5].

Для восстановления загрязненных территорий применяют различные методы: физические, химические и биологические. В качестве недостатков физических методов можно вы-

делить высокую стоимость и образование отходов. Химические методы восстановления могут вызывать изменения свойств почвы, нарушать экосистему и приводить к проблемам с окружающей средой [6]. В качестве альтернативы физическим и химическим методам можно рассмотреть биологические, а именно технологию фиторемедиации. Фиторемедиация предполагает использование зеленых растений для стабилизации, накопления и извлечения тяжелых металлов из загрязненной почвы.

Эффективность стратегий фиторемедиации зависит от множества факторов, основным из которых является выбор растения-фиторемедианта. Такие растения должны обладать устойчивостью к высоким концентрациям тяжелых металлов, иметь большое количество биомассы и быстрый рост. Выбор растения осуществляется исходя из характеристик загрязненного участка. Необходимо оценивать климатические условия, тип и свойства почвы, степень и источники загрязнения, а также концентрации необходимых элементов для нормального роста растений-фиторемедиантов [7].

Кальций (Ca) является одним из распространенных элементов в почве, который составляет около 3-4% земной коры. В растениях содержание Ca может варьироваться от 0,1 до 2,0%. Ca играет решающую роль в росте и адаптации корней, участвуя в распознавании питательных веществ и адаптации к изменениям в питательном статусе. Другими функциями кальция являются передача сигналов и регулирование различных метаболических функций, укрепление клеточных стенок, стабилизация клеточных мембран. Кальций влияет на рост и развитие растений. В случае дефицита Ca в растениях, который зачастую возникает в растущих органах, наблюдается некроз молодых растущих листьев и гниль плодов в конце цветения [8, 9].

Для оценки участков с дефицитом Ca на загрязнённой территории необходимо проводить предварительную оценку концентраций. Для решения такой задачи целесообразно применять цифровые технологии, которые дают обширный набор инструментов, позволяющих выполнить сбор, анализ и визуализацию набора данных. Для предварительной оценки концентраций Ca на загрязненной территории необходимо построить и проанализировать пространственное распределение значений концентраций кальция по заранее известным точкам. Полученные результаты позволят определить зоны с достаточным содержанием и зоны с дефицитом Ca, что будет являться основой при принятии решений по восстановлению загрязненных территорий. В связи с этим целью работы является количественная оценка содержания Ca в почве на основе результатов пространственного распределения концентраций элемента.

За объект исследования в работе приняты 3 300 концентраций элементов, полученных с 300 образцов почвы. Образцы почвы были собраны с горы Ида (Турция). Точки отбора проб отображены на рис. 1. Более подробное описание процедуры сбора образцов и получения концентраций элементов приведено в работе [10].

В качестве метода исследования выбран метод геостатистической интерполяции кригинга, выполненный в рабочей среде ArcGIS PRO 2.8.6. Результаты по пространственному распределению концентраций Ca в почве, полученные с использованием метода интерполяции кригинга, представлены на рис. 2.

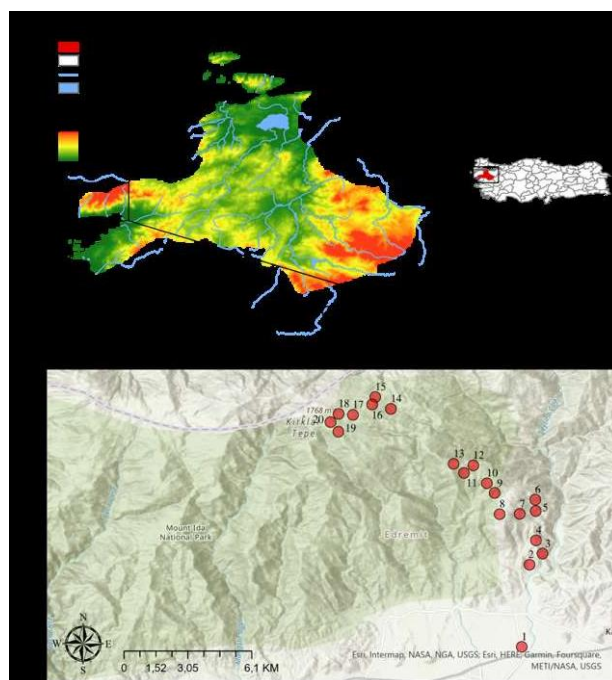


Рис. 1. Карта исследуемой области

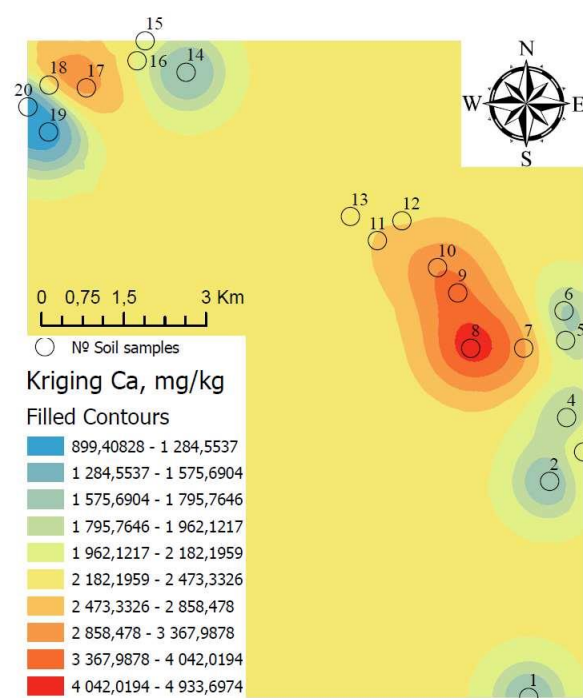


Рис. 2. Пространственное распределение Са с использованием метода кригинга

Результаты пространственного распределения Са в почве, представленные на рис. 2, показывают, что при увеличении высоты концентрация Са увеличивается. Так, области, расположенные рядом с точками 1-6 показывают постепенное увеличение концентраций Са в диапазоне от 1 284,55 мг/кг до 2 182,19 мг/кг. Максимальные значения концентраций достигаются вблизи точек 7, 8, 9, 10 с высотами 600 м, 700 м, 800 м, 900 м соответственно. Дальнейшее увеличение высоты характеризуется снижением концентраций Са в областях с точками 14-16 и 19-20. Зоны вблизи точек 17 и 18 имеют повышенное содержание Са. Минимальные значения достигаются в области рядом с точками 19 и 20 и составляют от 899,40 мг/кг до 1 284,55 мг/кг (высоты – 1658 м, 1678 м соответственно).

Таким образом, в статье рассматривается проблема загрязнения почвы тяжелыми металлами, приводятся методы восстановления территории, воздействие дефицита Са на растения, который приводит к некрозу молодых растущих листьев и гнили плодов в конце цветения. Для предварительной оценки концентраций Са в почве предложен метод количественной оценки с помощью построения пространственного распределения, используя метод кригинга. Полученные результаты по распределению концентраций Са в почве могут способствовать в решении вопросов, связанных с восстановлением загрязненной почвы.

Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Уфимского университета науки и технологий (ПРИОРИТЕТ-2030).

Библиографический список

1. Елизарьев А.Н. Оценка антропогенного воздействия на гидроэкологический режим водных объектов (на примере р. Белой): дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.36. утв. 31.05.2007. СПб., 2007. 185с. EDN: NOSDER
2. Saahil H., Bhaskar S., Sanjay K.G., Arvind K.N. A Comprehensive Evaluation of Heavy Metal Contamination in Foodstuff and Associated Human Health Risk: A Global Perspective // Contemporary Environmental Issues and Challenges in Era of Climate Change. 2019. P 33-63. DOI: 10.1007/978-981-32-9595-7_2
3. Кияшко И.Ю., Кияшко Л.Ю., Елизарьев А.Н., Манякова Г.М., Габдулхаков Р.Р., Мартынова О.Г. Моделирование экологических ЧС, вызванных загрязнением водных объектов // Успехи современного естествознания. 2016. № 2. С. 159-163. EDN: VOVHVN
4. Nitika S., Kushneet K.S., Mohit K., Dileep K. S. Heavy metal pollution: Insights into chromium eco-toxicity and recent advancement in its remediation // Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management. 2021. Vol. 15. P. 100388. DOI: 10.1016/j.enmm.2020.100388 EDN: ABCRDE
5. Елизарьева Е.Н., Фахертдинова А.А., Елизарьев А.Н., Тараканов Д.А., Кудашкина Н.В. Геоэкологическая оценка особенностей фиторемедиации при использовании *Falloria sachalinensis* в условиях антропогенного загрязнения тяжелыми металлами почв Башкирского Зауралья / // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2022. № 42. С. 41-57. DOI: 10.26516/2073-3402.2022.42.41 EDN: SWVEWN
6. Umair A., Huma A., Hafsa S., Muhammad B., Hafiz M.S.M., Muhammad S., Muhammad A., Afaq H., Nova R., Saravanan R., Muhammad M., Kuan S.K. Remediation techniques for elimination of heavy metal pollutants from soil: A review // Environmental Research. 2022. Vol. 214. P. 113918. DOI: 10.1016/j.envres.2022.113918 EDN: DIQFFU
7. Тараканов Д.А. Алгоритм геоэкологической оценки особенностей фиторемедиации в условиях антропогенного загрязнения почв тяжелыми металлами / Д.А. Тараканов, А.М. Мифтахова, А.А. Фахертдинова // Региональные аспекты экономической безопасности. – Уфа, 2023. – С. 75-81. DOI: 10.33184/raeb-2022-10-28.9 EDN: TSZGOX
8. Rajesh K.T., Namita Y., Roshani G., Praveen K. Oxidative Stress Under Macronutrient Deficiency in Plants // Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 2021. Vol. 21. P. 832-859. DOI: 10.1007/s42729-020-00405-9 EDN: OBFFUI
9. Thomas C.B., Soren H., Kristian H.L., Daniel P.P., Jan K.S. The molecular-physiological functions of mineral macronutrients and their consequences for deficiency symptoms in plants // New Phytologist. 2021. Vol. 229. P. 2446-2469. DOI: 10.1111/nph.17074 EDN: ONOOPB
10. Sari M., Cosgun T., Yalcin I.E., Taner M., Ozyigit I. Deciding heavy metal levels in soil based on various ecological information through artificial intelligence modeling // Applied Artificial Intelligence. 2021. Vol. 36. P. 1-17. DOI: 10.1080/08839514.2021.2014189 EDN: ENBCGU

ГИС ЗВЕНИГОРОДСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

В статье рассматриваются вопросы разработки и содержания локальной геоинформационной системы (ГИС) заказника Звенигородской биологической станции (ЗБС) МГУ имени М.В. Ломоносова. На основе полевых исследований заказника, топографической съемки, материалов дистанционного зондирования (ДДЗ), включая крупномасштабное зондирование, были сформированы базовые и тематические слои базы данных (БД) ГИС, позволяющие оперативно фиксировать на единой картографической основе различные тематические исследования для анализа изучаемых процессов и природных явлений.

Ключевые слова: ГИС, ДДЗ, БЛА, ГНСС, БД

L. Ushakova¹, I. Voskresensky¹, A. Suchilin¹, Z. Suchilina²

la.ushakova@mail.ru, isvoskresensky@rambler.ru, asuhov308@gmail.com, mezozya1@mail.ru

¹Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Moscow, Russia

²Water problems institute (WPI RAS), Moscow, Russia

GIS OF THE ZVENIGOROD BIOLOGICAL STATION

The article considers the development and maintenance of a local geographic information system (GIS) of the reserve of the Zvenigorod Biological Station (ZBS) of Moscow State University named after M.V. Lomonosov. Based on field studies of the reserve, topographic survey, remote sensing materials (RSM), including large-scale sensing, basic and thematic layers of the GIS database (DB) were formed, allowing for the prompt recording of various thematic studies on a single cartographic basis for the analysis of the processes and natural phenomena under study.

Keywords: GIS, remote sensing, UAV, GNSS, database

Введение. Звенигородская биологическая станция (ЗБС) имени С.Н. Скадовского территориально расположена в Одинцовском районе Московской области (в 9 км к западу от г. Звенигорода), в границах заказника «Звенигородская биостанция МГУ и карьер «Сима». Станция имеет богатую историю своего становления, начиная с начала прошлого столетия. В 1934 году станция вошла в состав биологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова. С 1981 года заказник имеет статус: ООПТ «Государственный природный заказник регионального значения». Площадь заказника представляет двух контурный участок и составляет соответственно 1020 и 103 га.

Исходные предпосылки. Для изучения, анализа и оценки накопленной многолетней пространственной тематической информации и дальнейшего мониторинга территории возникла актуальная необходимость создания аналитической информационной системы заказника, где объекты исследований будут иметь геопространственную фиксацию на крупномасштабной картографической основе, наряду с тематическими характеристиками флоры и фауны объектов, сгруппированными в базе данных (БД).

Наиболее полно удовлетворяют этим требованиям геоинформационные системы (ГИС), обеспечивающие сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственных данных [1].

Цель исследования. Создание локальной научно-учебной ГИС, охватывающей территорию заказника и его близлежащих окрестностей – ГИС «ЗБС».

Результаты исследования и их обсуждение. Предварительно были изучены архивные источники и ранние изданные картографические материалы, отражающие территорию заказника. На их основании сделана оценка эволюции территории заказника, начиная с XVIII века. В целом, анализ источников позволяет утверждать, что на территории исследований отсутствует значительное антропогенное воздействие, и только в южной части заказника на стыке XIX-XX веков велись торфяные разработки карьера «Сима» (верховое Волковское болото). Принимая во внимание относительно незначительную площадь заказника и его ландшафты, а также его особое значение для сохранения и восстановления природных комплексов и поддержания экологического баланса в Московской агломерации, для исследования территории и составления базовых топографических и тематических слоёв, был выбран крупный масштаб – 1:10000.

Для реализации проекта необходимо было сделать планово-высотное обоснование (ПВО) изучаемой территории, то есть разместить знаки опорной локальной геодезической сети на площади заказника для проведения топографической съёмки с применением различных геодезических методик, а также крупномасштабного воздушного зондирования. Как правило, знаки ПВО размещались на возможно «открытых» без лесной растительности участках ландшафта заказника для лучшего приёма спутниковых сигналов и для дешифрирования знаков ПВО на материалах крупномасштабного воздушного зондирования. Знаки ПВО измерялись высокоточным мобильным комплексом глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) – «Leica Viva» [5]. Уравнивание результатов полевых измерений проводилось относительно трёх референц-станций ГНСС [3], что позволило получить однозначные координаты знаков ПВО сантиметровой точности.

При формировании блока базовых векторных слоёв использовались полевые измерения и изданные ранее листы карт различного масштаба, включающие территорию заказника. Необходимые элементы топографического содержания карт в границах заказника предварительно были формализованы в цифровой формат и приведены в единую систему координат (СК) на платформе ГИС, а именно: отметки высот; отметки уреза воды; рельеф (горизонтали, сечение 5 м); знаки опорной сети (ПВО); растительность; просеки лесных кварталов; поворотные точки лесных кварталов; гидрография; границы населённых пунктов; границы ЗБС; границы заказника; элементы инфраструктуры; транспортная сеть; координатная сеть.

В целях крупномасштабного картографирования было проведено воздушное зондирование изучаемой территории [8] с применением беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Аэрофотосъёмка осуществлялась при высоте залёта 60 м. в весенний период, чтобы обеспечить максимально возможную «прозрачность» подстилающей поверхности, когда листовые породы деревьев «свободны» от листвы. Из мозаики снимков зондирования, фотограмметрическим методом с геопространственной привязкой снимков к знакам ПВО, составлен ортофотоплан заказника (рис. 1).

По материалам зондирования, натурных исследований и камеральных работ составлена цифровая модель рельефа (ЦМР/DEM) территории заказника (рис. 2) [7]. На основе ЦМР были рассчитаны и построены базовые (рельеф) и производные слои в среде ГИС: карта углов наклона, экспозиции склонов и другие.



Рис. 1. Фрагменты крупномасштабного ортофотоплана заказника:
«Костин пруд» и «Волковское болото – карьер «Сима»

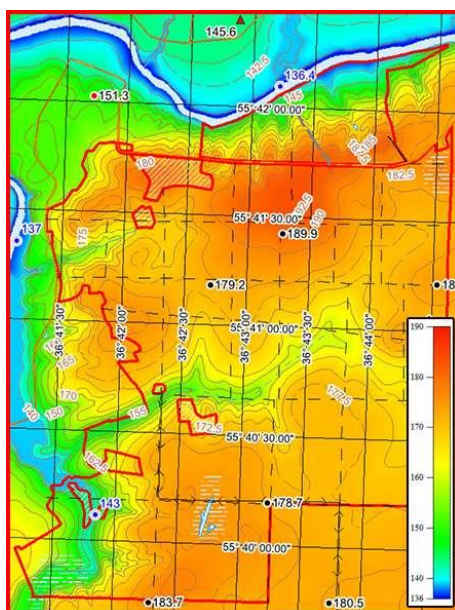


Рис. 2. ЦМР территории заказника (сечение рельефа 5 метров)

Тематический блок ГИС включает следующие слои:

геоморфологический, который содержит информацию о морфологии (морфографии и морфометрии), генезисе и возрасте, пространственном распространении склоновых форм рельефа [4,6]: а) фрагменты флювиальных форм рельефа позднелейстоцен-голоценового «последнего возраста» (абсолютные высоты до 170 м) в долине р. Москвы – фрагменты поймы, бечевника, надпойменных террас, фрагменты правых притоков реки – малые эрозионные формы рельефа, в том числе погребенные (балки, овраги и их конусы выноса [2], эрозионные склоны различной крутизны; б) фрагменты пологоволнистых и холмисто-западных поверхностей водноледниковой и ледниковой аккумуляции, образовавшиеся в эпоху «московского оледенения среднего неоплейстоцена, занимают правое междуречье (к западу от долины р. Москвы) и достигают 180-190 м абсолютной высоты. Формы рельефа сложены аллювиальными, овражно-балочными и пролювиальными (конусов выноса) галечниками и песками с включением обломков известняков коренных пород, моренными и флювиогляциальными (водноледниковыми) валунными суглинками и супесями, склоновыми суглинками и супесями с включением валунов и гальки.

почвенный, где представлены: а) почвы водораздела: подзол, сильноподзолистые, дерново-сильноподзолистые, сильноподзолистые слабоглинистые, дерново-сильноподзолистые слабоглинистые, сильноподзолистые слабоглинистые в комплексе с торфянисто-подзолистыми сильноглинистыми, торфянисто-перегнойные-глеевые, торфяно-перегнойно-

глеевые; б) почвы террас р. Москвы: III терраса: дерново-среднеподзолистые, бурые лесные слабоподзоленные, бурые лесные сильноподзоленные; II терраса: дерново-среднеподзолистые; I терраса: дерново-сильноподзолистые в комплексе перегнойно-глеевыми. Пойменная терраса: дерново-луговые слабокарбонатные на погребенных дерново-подзолистых; дерново-луговые карбонатные. Механический состав почв: суглинистый, песчаный.

тематический слой скважин кустового гидрогеологического бурения, который содержит послойное описание коренных и рыхлых горных пород на глубину скважин (материалы геологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова).

тематический слой «схема лесоустройства»;

тематический слой «фауна пернатых».

В качестве примера, рассмотрим слой «фауна пернатых», который содержит информацию, необходимую для исследования в области популяционной экологии – важном направлении исследования животных. Для исследования популяционной экологии птиц важно знать их пространственное распределение. На ЗБС модельными видами для этих исследований являются птицы, гнездящиеся в естественных дуплах или искусственных дуплянках. Эти задачи требуют точной локализации гнездовой птиц на территории заказника относительно природных или антропогенных ландшафтов. Каждый объект гнездовой в БД имеет свой уникальный индекс и соответствующие атрибутивные характеристики.

Блок растровых изображений ГИС включает в себя различные материалы, отображающие территорию заказника: космические снимки и ортофотоплан, а также материалы растровых картографических источников.

Выводы. Составленная локальная ГИС «ЗБС» даёт возможность комплексного изучения заказника, аккумуляции в базе данных ГИС различных материалов полевых исследований, позволяет проводить анализ геопространственного распространения изучаемых процессов с формированием новых производных тематических слоев. База данных и слои ГИС могут использоваться в качестве учебных материалов при проведении практик студентов различных факультетов МГУ и экскурсий.

Библиографический список

1. Баранов Ю.Б., Берлянт А.М., Капралов Е.Г. и др. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов. М.: ГИС-Ассоциация, 1999. 204 с.
2. Еременко Е.А., Панин А.В. Ложбинный мезорельеф Восточно-Европейской равнины. М.: МИРОС, 2010. 192 с. ISBN: 978-5-91897-007-2 EDN: CZCXNZ
3. Естафьев О.В. Наземная инфраструктура ГНСС для точного позиционирования. М.: ГРОМ, 2009. 47 с.
4. Спиридонов А.И. Геоморфология европейской части СССР. М.: Высш. школа, 1978. 335 с.
5. Сучилин А.А. Ушакова Л.А., Владимирова М.Р., Ли В. Глобальные навигационные спутниковые системы в географическом образовании. // Материалы международной конференции "ИнтерКарто/ИнтерГИС 23". М.: Изд-во Московского университета. Том 3, 2017. С. 250-255.
6. Smirnova O.V. et al. European Russian Forests Springer Nature. 2017 P. 572. DOI: 10.1007/978-94-024-1172-0
7. Rock G., Ries J.B., Udelhoven T. 2011. Sensitivity Analysis of UAV-Photogrammetry for Creating Digital Elevation Models (DEM). International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXXVIII-1/C22, 69-73. DOI: 10.5194/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-69-2011
8. Westoby M.J., Brasington J., Glasser N.F., Hambrey M.J., Reynolds J.M., "Structure-from-Motion" photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. Geomorphology. 2012. Vol. 179. Pp. 300-314.

ОЦЕНКА КЛИМАТООБУСЛОВЛЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЛЕСОСТЕПНЫХ И СТЕПНЫХ ЗОН ЮГА СИБИРИ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Анализ тенденций изменения аридных ландшафтов юга Сибири за 2000 – 2023 гг. с привлечением индекса NDVI показал, что временной ход индексов характеризуется значительной межгодовой изменчивостью, имеет колебательный характер. При этом, за период исследования в лесостепной и степной зонах Ишимской равнины выявлены отрицательные тенденции вегетационных индексов, что соответствует тренду усиления аридизации, сокращению биомассы. Для территорий Хакасии и Тывы выявлен положительный тренд, прирост биомассы.

Ключевые слова: вегетационные индексы, биомасса, аридизация засушливых ландшафтов.

N. Cheredko^{1,2}, M. Volkova¹, I. Kuzhevskaya¹, atnik3@rambler.ru

¹ Tomsk State University, Tomsk, Russia

² Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russia

ASSESSMENT OF CLIMATE-DETERMINED CHANGES IN FOREST-STEPPE AND STEPPE ZONES OF SOUTH SIBERIA USING SATELLITE INFORMATION

Trends analysis in arid landscapes changes of southern Siberia for 2000 – 2023 was held. The NDVI index was used. The time course of the indices has significant interannual variability and oscillatory nature. At the same time, in the forest-steppe and steppe zones of the Ishim Plain a negative trend of vegetation indices was revealed, for the territories of Khakassia and Tyva a positive trend, an increase in biomass, was revealed.

Keywords: vegetation indices, biomass, arid landscapes.

Авторитетный сборник по проблеме изменения климата и его последствий [1] заявляет, что с 2013 г. еще более увеличилась частота и интенсивность волн тепла и засух в большинстве регионов суши, отмечается рост опустынивания засушливых территорий и продвижение ландшафтов на север. Изменения условий тепло- и влагообеспеченности приводят к изменениям в структуре растительных экосистем. Растительность является интегральной характеристикой любого ландшафта.

Наиболее чувствителен к климатическим изменениям растительный покров в переходных зонах, таких как лесостепная и степная. На фоне роста глобальной температуры отмечается продвижение лесостепной зоны к северу и востоку, а степной – к северу и на юг, рост в данных районах сумм активных температур, аридизация [2-4]. При этом, есть научные данные [5-6], что для некоторых участков внутриконтинентальных степей рост температуры сопровождается ростом увлажненности, вследствие чего отмечается накопление биомассы в этих районах. Данный факт отражает нелинейность реакций на климатические изменения и актуализирует региональные исследования особенностей климатогенных реакций различных ландшафтов.

Ограниченность числа наземных исследовательских полигонов компенсируется развитием дистанционных технологий мониторинга. Наибольшее применение для оценки состояния растительного покрова получил вегетационный индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index, нормализованный относительный вегетационный индекс), который являет-

ся комбинацией спектральных каналов в ближнем инфракрасном и видимом участках спектра, коррелирует с интенсивностью фотосинтеза и обеспеченностью растений влагой [7].

В данной работе приведены оценки тенденций изменения аридных ландшафтов юга Сибири (лесостепь и степь) за период 2000 – 2023 гг. с привлечением индекса NDVI [8-9]. Такие экосистемы представлены на юге Сибири солонцеватыми степями с фрагментами колючих лесостепей Барабинской и Кулундинской степей, колючей лесостепью Новосибирской области, казахскими степью и лесостепью, степными низкогорьями, полупустынными котловинами, склоновыми степями и горными лесостепями Хакасии, Алтая, Иркутской области и Бурятии, Тувы.

Временной ход индексов характеризуется значительной межгодовой изменчивостью и имеет, скорее, колебательный характер, чем однонаправленный. Тем не менее, долговременные тенденции, причем, разного знака, выделяются, для некоторых пунктов они значимы. В лесостепной и степной зонах Ишимской равнины (Омская обл., Северный Казахстан) выявлены отрицательные тенденции вегетационных индексов (рис. 1а), что соответствует постулируемому в отчете ИРСС и ряде научных публикаций тренду усиления аридизации, сокращению биомассы. Эта засушливая зона расширялась в некоторые годы почти на 200 км на Север. Для территорий Хакасии и Тывы за период исследования выявлен положительный тренд вегетационных индексов (рис. 1б), что отражает прирост биомассы.

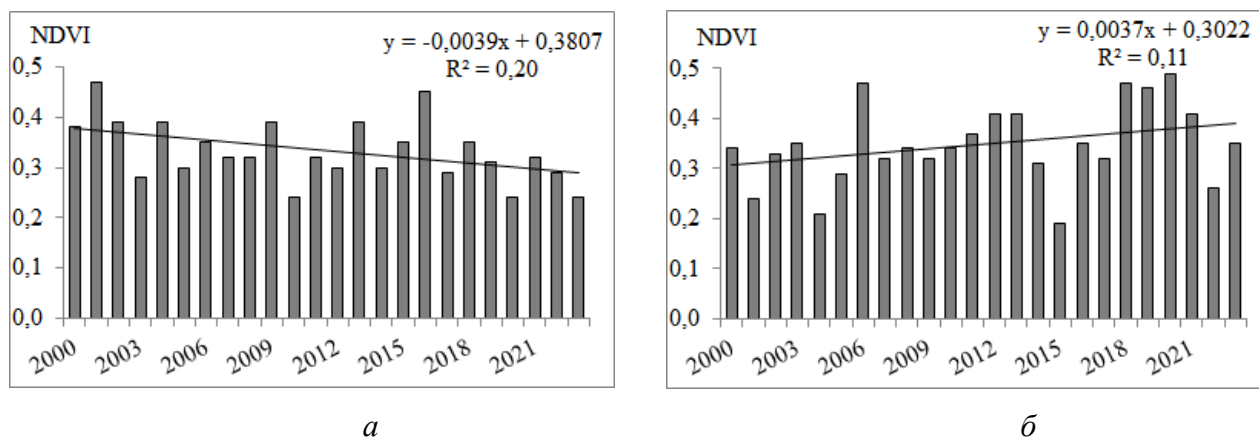


Рис. 1. Временной ход NDVI [8-9] по данным на 31 июля за период 2000–2023 гг. в окрестностях станций: а – Астана, б – Кызыл

Пространственно разнонаправленность тенденций NDVI хорошо просматривается по композитным снимкам для рассмотренной территории (рис.2). Так, в конце июля 2001 г. (рис. 2а) продуктивность биомассы на юге Западной Сибири и на севере Казахстана средняя за рассмотренный период, что соответствует повышенной увлажненности, в Туве – сниженные значения NDVI, сухо. В 2020 г., наоборот, очень сухо на западе рассмотренной территории и очень влажно в Туве (рис. 2б), что и отражается в пространственном распределении значений NDVI.

Данные, полученные при помощи дистанционного зондирования, согласуются с ранее рассчитанными показателями увлажнения [10]. Насколько интенсивно и в течение какого периода этот процесс продолжит развиваться с такой направленностью, определяется динамикой увлажненности территорий. Последняя имеет циклический характер, что и задает колебательный характер продуктивности фитомассы, более выраженный в восточной части степной зоны Сибири. Основные периоды изменчивости за рассмотренный интервал лет – 7–9, 11, 22 года. Накладываясь друг на друга, они задают сложный рисунок изменчивости продуктивности рассмотренных ландшафтов.



Рис. 2. Пространственное распределение индекса NDVI [8-9] на юге Сибири 31 июля в различные годы: *а* – 2001 г., *б* – 2020 г.

Библиографический список

1. IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: IPCC, 2023. 184 pp., DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647
2. Кобак К.И., Кондрашева Н.Ю., Турчинович И.Е. Влияние изменений климата на природную зональность и экосистемы России. Изменения климата и их последствия. СПб.: Наука, 2002. С. 269.
3. Виноградова В.В., Титкова Т.Б., Черенкова Е.А. Динамика увлажнения и теплообеспеченности в переходных ландшафтных зонах по спутниковым и метеорологическим данным в начале XXI века // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12, № 2. С. 162-172. EDN: TUNOTF
4. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. М.: Гидрометцентр России, 2020. 109 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.meteorf.ru/press/news/20626>.
5. Курбатская С.С., Прудникова Т.Н., Монгуш Ч.О., Курбатская С.Г. Анализ изменений пастбищных угодий Тувы и их продуктивности с учетом климатических особенностей // Экосистемы Центральной Азии: материалы XI Убсунурского междунар. симп. Кызыл: РИО Тувинского гос. ун-та, 2012. С. 3-8.
6. Почему "зеленеют" Тува и Монголия и кто "виноват" в изменении климата // Новости ТГУ, портал Tomsk.ru, 24.11.2022. <https://news.tsu.ru/news/pochemu-zeleneyut-tuva-i-mongoliya-i-kto-vinovat-v-izmenenii-klimata>.
7. Huete A., Didan K., Miura T., Rodriguez E.P., Gao X., Ferreira L.G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices // Remote Sensing of Environment. 2002. V. 83, Iss. 1-2. P. 195-213. DOI: 10.1016/S0034-4257(02)00096-2
8. EOSDIS Worldview [Электронный ресурс]: URL: <https://worldview.earthdata.nasa.gov> (дата обращения: 24.01.2022).
9. MOD13Q1 v061 [Электронный ресурс]: Индексы вегетации MODIS/Terra. URL: <https://lpdaac.usgs.gov/products/mod13q1v061/> (дата обращения: 27.01.2023).
10. Долгова Н.В., Волкова М.А. Современные тенденции температурно-влажностного режима на территории Южной Сибири и Северного Казахстана // Динамика и взаимодействие геосфер земли: материалы Всерос. конф. с междунар. участием. В 3 т. Томск, 8-12 ноября 2021 г. Томск: Томский центр научно-технической информации, 2021. С. 128-130. EDN: CGLLAW

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БВС ДЛЯ МОНИТОРИНГА ТЕРРИТОРИЙ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ЗАТОПЛЕНИЮ И ПОДТОПЛЕНИЮ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ИКСА (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

В статье рассматриваются особенности применения беспилотных воздушных судов для мониторинга территорий, подверженных затоплению и подтоплению на примере приведенных фрагментов аэрофотосъемки территории р. Икса (Томская область) за май 2023 и 2024 годов.

Ключевые слова: мониторинг, беспилотные воздушные суда, река, затопление, подтопление.

L. Chilinger, N. Timkina, chili@tpu.ru
Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

FEATURES OF APPLYING UAS (UNMANNED AERIAL SYSTEMS) FOR MONITORING TERRITORIES SUBJECTED TO FLOODING AND INUNDATION ON THE EXAMPLE OF THE IKSA RIVER (TOMSK REGION)

The article discusses the features of using unmanned aerial vehicles to monitor areas subject to flooding and underflooding using the example of the provided fragments of aerial photography of the Iksa River (Tomsk Region) for May 2023 and 2024.

Keywords: monitoring, unmanned aircraft, river, flooding, inundation.

Современные методы съемки, такие как аэрофотосъемка с использованием беспилотных воздушных судов (БВС) высокого пространственного разрешения, играют важную роль в мониторинге и управлении водными и земельными ресурсами. Рассматриваемые методы позволяют быстро и точно собирать данные о состоянии таких объектов и прилегающих территорий, что критически важно для предотвращения и минимизации последствий затоплений и подтоплений [1, 2].

Благодаря высокому разрешению снимков, получаемых с БВС, специалисты могут детально анализировать изменения в состоянии окружающей среды, своевременно определять границы зон затоплений и подтоплений, и как следствие, разрабатывать эффективные мероприятия для защиты населения и инфраструктуры. Кроме того, полученные данные могут быть использованы для создания точных карт затоплений и подтоплений, которые помогают в планировании строительства и развитии территорий. А современные приложения для обработки данных дистанционного зондирования играют ключевую роль в улучшении качества и доступности информации, получаемой с БВС, делая её более доступной и полезной для широкого круга специалистов в различных областях. Именно поэтому БВС стали неотъемлемой частью не только многих исследований, но и имеют широкое практическое применение.

Разработка унифицированной и научно обоснованной методики для определения границ зон затопления и подтопления является важным шагом в управлении водными и земельными ресурсами. Такая методика позволит:

1. Объективно изучать объекты, подверженные риску затопления и подтопления, используя стандартизированные процедуры.
2. Определять территории, на которых хозяйственная деятельность может быть подвержена рискам, что поможет в принятии решений о целесообразности развития таких территорий.

Все это будет способствовать более эффективному и целенаправленному планированию, а также повышению безопасности и устойчивости инфраструктуры и экосистем. Интеграция данных ДЗЗ и аэрофотосъемки с БВС в эту методику усилит её точность и надежность, обеспечивая получение актуальной информации для анализа и принятия решений.

Одним из наиболее ярких примеров применения БВС является мониторинг территорий, который представляет собой важную задачу, которая позволяет получать актуальные и точные данные об изменениях состояния окружающей среды. К основным преимуществам использования БВС для мониторинга можно отнести:

- Высокую точность данных: БВС могут снимать высококачественные изображения и проводить геодезические измерения с высокой точностью.
- Доступность труднодоступных мест: БВС способны достигать удаленных или труднодоступных районов, где традиционный мониторинг был бы затруднителен или невозможен.
- Оперативность: БВС могут быстро разворачиваться и собирать данные, что необходимо для реагирования на чрезвычайные ситуации.
- Снижение затрат: Мониторинг с помощью БВС часто обходится дешевле, чем традиционные методы, особенно при регулярном сборе данных.
- Минимальное воздействие на экосистемы: БВС меньше влияют на окружающую среду по сравнению с наземными методами.

Таким образом, БВС сегодня является надежным инструментом для выявления новых наукоемких подходов для мониторинга территорий, подверженных затоплению и подтоплению, а также прогнозирования важнейших изменений, приводящих к необратимым последствиям.

В данной исследовательской работе была выполнена аэрофотосъемка реки Икса (протяженность 430 км, площадь водосбора – 6130 км² [1, 2]) в мае 2023 и 2024 годов. Результат обработки представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Схема мониторинга р. Икса

Как видно из рис.1, в 2024 году водосборная площадь реки Икса значительно расширилась, что могло привести к подтоплению близлежащих земельных участков с. Плотниково (рис. 2).

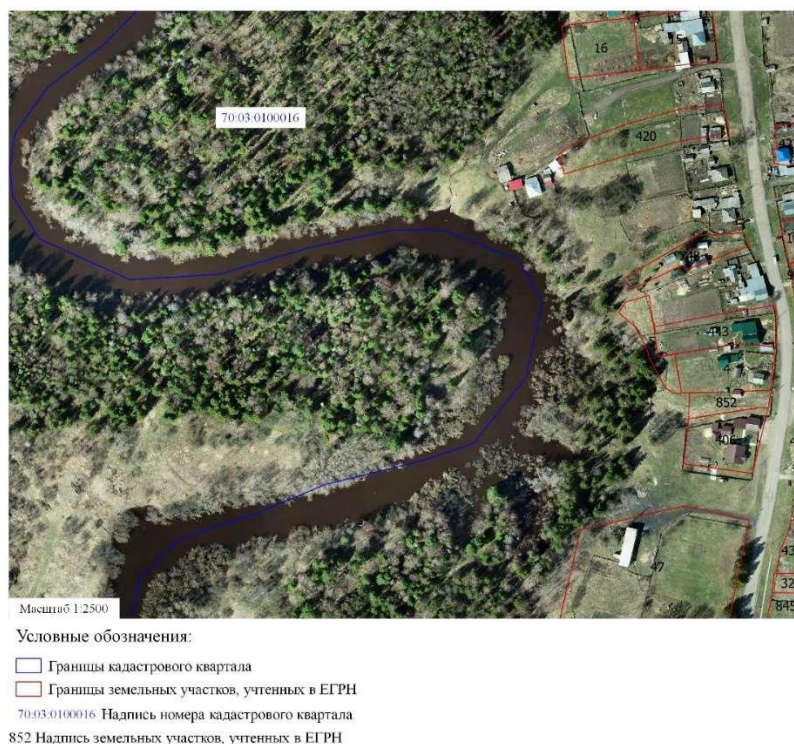


Рис. 2. Расположение р. Икса вблизи земельных участков

С практической точки зрения, наработанные исследования по обработке данных с беспилотных воздушных судов и материалы наземных геодезических работ, послужат ценным результатом для разработки единой методики определения границ зон затопления и подтопления.

Получение актуальных и достоверных данных обеспечит понимание природы определения границ зон затопления и подтопления, а также инфраструктурных и жилых объектов, подверженных их негативному воздействию.

Таким образом, БВС являются ценным инструментом для мониторинга экосистем, управления природными ресурсами и планирования использования земель, а также для оперативного реагирования на природные катастрофы и изменения климата.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 23-27-00039).

Библиографический список

1. Кузеванов К. И., Пасечник Е. Ю. Оперативная оценка риска развития подтопления для внесения сведений в Единый государственный реестр недвижимости с использованием ГИС-технологий (на примере Обь-Томского междуречья) // Геоинформатика. 2021. №. 1. С. 11-21. DOI: 10.47148/1609-364x-2021-1-11-21 EDN: QLTUOO
2. Савичев О.Г., Скугарев А.А. Оценка опасности затопления приречных территорий рек Оби и Томи в пределах Томской области//Геоинформатика.2008.№. 2. С. 61-66. EDN: JYJOZN
3. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Часть 1. Реки и каналы. Часть 2. Озера и водохранилища. Том 1. РСФСР. Вып. 20. Бассейны Оби (без бассейнов Иртыша, Надыма, Пура, Таза). – Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. – 485 с.
4. Характерные уровни воды рек, каналов, озер и водохранилищ (погодичные данные). Часть 1. Реки и каналы. Часть 2. Озера и водохранилища. Том 1. РСФСР. Вып. 20. Бассейны Оби (без бассейнов Иртыша, Надыма, Пура, Таза). – Ленинград: Гидрометеиздат, 1988. – 256 с.

ЦИФРОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ

УДК 528(94+854):004.9:378.14

О.В. Артемьева, o.artemieva@spbu.ru

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

МОДУЛЬНАЯ СИСТЕМА ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА «ОСНОВЫ ТЕМАТИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ» В САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

В статье рассматриваются цифровые технологии, внедренные в курс «Основы тематического картографирования» в Санкт-Петербургском государственном университете. Демонстрируется пример модульной организации преподавания дисциплины. Приведены примеры фрагментов итоговых картографических моделей.

Ключевые слова: тематическое картографирование, геоинформационное картографирование, географические информационные системы, данные дистанционного зондирования, создание карт

O. Artemeva, o.artemieva@spbu.ru

Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

MODULAR SYSTEM FOR TEACHING THE COURSE «ESSENTIALS OF THEMATIC MAPPING» AT SAINT PETERSBURG STATE UNIVERSITY

The article discusses digital technologies introduced into the course “Essentials of Thematic Mapping” at St. Petersburg State University. An example of a modular organization of teaching a discipline is demonstrated. Fragments of the resulting cartographic models are presented

Keywords: thematic mapping, geoinformation mapping, geographic information systems, remote sensing data, compiling of maps

Карты принадлежат к великим творениям человеческой мысли. Они рождены общественной практикой, обязаны ей непрерывностью своего развития и в течение многих веков образуют средство познания мира, пространственного позиционирования и инструмент оценки и прогноза практической деятельности. Карты лика Земли, визуально отображающие черты ландшафта, относят к общегеографическим картам. Картографические модели, показывающие ту или иную сторону природы или общества – к тематическим. [6]

Первые тематические картографические изображения были известны еще в глубокой древности до зарождения письменности. Рисунки выполнялись на камне, дереве, коре и служили для указания путей кочевков, мест охоты, сельскохозяйственных угодий, целей мореплавания.

Современные основы методологии тематической картографии были заложены еще в XVIII в., а первый учебный план, куда в том числе входили и дисциплины, ориентированные на создание карт, отображающих отдельные элементы природы и общества, был составлен академиком Ю.М. Шокальским в 1925 г. Именно в этот период первая в стране кафедра топографии и картографии, принадлежащая Географическому институту, вошла в Ленинградский государственный университет и стала предшественницей ныне существующей кафедры картографии и геоинформатики Института наук о Земле СПбГУ.

Стремительная цифровизация общества, берущая начало в конце 90-х гг. XX в., внесла и продолжает практически каждый год вносить свои коррективы в учебные планы образо-

вания студентов и в саму методику преподавания. Курс «Основы тематического картографирования» входит в направление подготовки «Картография и геоинформатика» и осуществляется силами преподавателей одноименной кафедры. За ориентировочно 10 последних лет из стандартного классического семестрового курса предмет преобразовался сначала в двух семестровый, а с 2022 г. мы осуществляем подготовку студентов по трехмодульному курсу «Основы тематического картографирования» (бакалавриат, с продолжением в магистратуре уже с другим названием – «Современные технологии тематического картографирования»). Рассматриваемый нами курс базируется на многочисленных технических знаниях иных дисциплин, предшествующих компетенциям упомянутого предмета. Это дисциплины: «Картоведение», «Математические основы геодезии и картографии», «Компьютерная графика», «Основы геоинформатики», «Базы данных», «Общегеографическое картографическое», «Дистанционное зондирование», «Оформление и дизайн карт» и многие другие. Все эти учебные предметы и циклы опираются на цифровые технологии. И без этих знаний переход к обучению умениям и навыкам курса «Основы тематического картографирования» был бы невозможен.

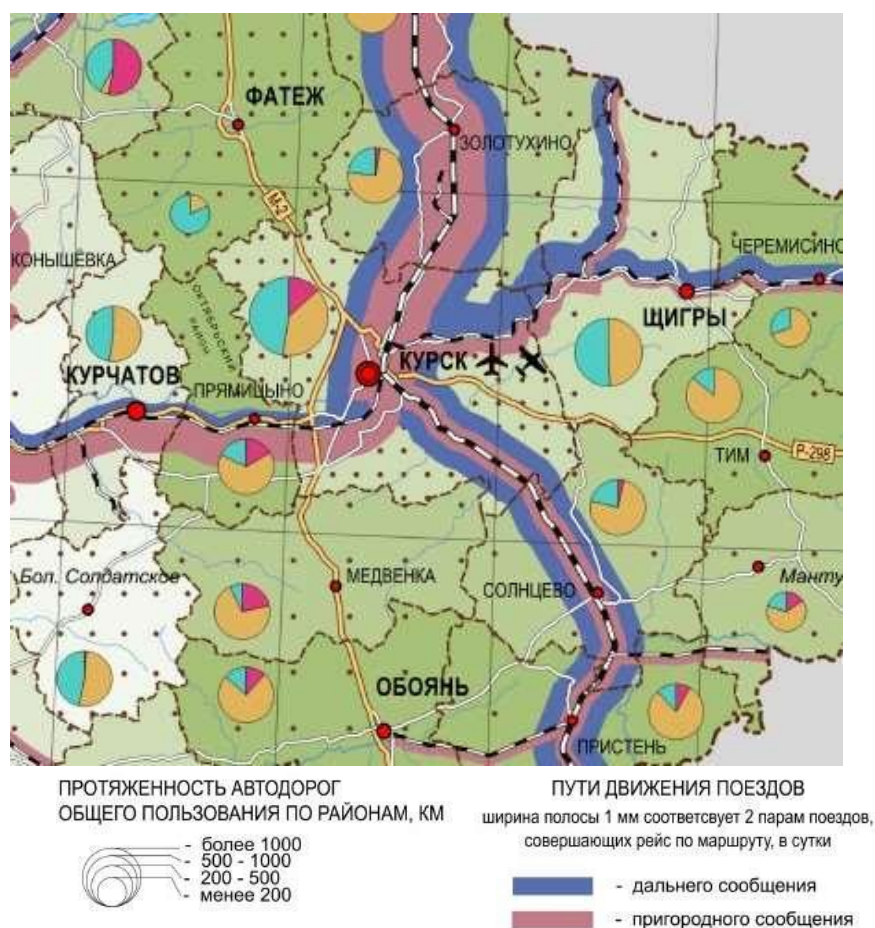


Рис. Фрагмент легенды и карты «Курская область. Транспорт»

Трехуровневый каркас проистекает прежде всего из логичной классификации тематических карт на карты природы и общества. Основой обучения являются труды классиков картографии – Салищева К.А. [6], Заруцкой И.П. [5], Евтеева О.А. [4]. В силу более трудоемкого составления карт природы с использованием данных дистанционного зондирования (ДДЗ) мы начинаем обучение с карт общества. Данные картографические произведения не требуют обработки ДДЗ, поэтому мы предпочитаем начинать работать с тренировки использования классических способов картографического изображения (способы картограммы, картодиаграммы, значковый способ, знаки движения, локализованной диаграммы, вариант

эпюры как графическое средство выражения линейных знаков и т.п.) (рис.1). Третий модуль является расширением первых двух и включает в себя умения создавать геологические и морские карты. Таким образом, практической составляющей курса являются следующие модули и произведения. Модуль 1: административная карта одного из субъектов Российской Федерации, карта населения, истории формирования границ, транспорта, промышленности, сельского хозяйства, климатическая, туристская карта, карта экологической обстановки; модуль 2: карта рельефа, растительности, зоогеографическая карта, динамики застройки территории города по годам; модуль 3: геологическая, морская карты.

Арсенал используемого программного обеспечения весьма обширен. В силу сложившихся обстоятельств мы постепенно начинаем переходить на российские продукты («ZuluGIS», «Нева», «Панорама», «Аксиома»), но пока максимально используем программное обеспечение с открытым кодом (QGIS [11], Inkscape [8]). Также мы допускаем использования иных программ студентами при условии покупки ими частных лицензий в индивидуальном порядке. Техническая сторона преподавания отдельных картографических произведений и блоков курса была описана автором и коллегами в различных публикациях [1-3], [7].

Студенты работают исключительно на реальных данных. Растровые и векторные исходные материалы для слоёв тематических карт – это данные открытых порталов OpenStreetMap [10], Natural Earth [9], Earthexplorer [13] и Shuttle Radar Topography Mission [12]. Статистические данные – это административные сайты субъектов Российской Федерации и сайты государственной статистики.

Итогом курса «Основы тематического картографирования» является атлас с индивидуальным набором карт на выбранную территорию. Классический вариант выбора – один из субъектов Российской Федерации, однако в последние годы мы допускаем и приветствуем выбор территорий на такие дружественные страны как Туркменистан, Азербайджан, Кыргызская Республика и др. в связи с расширением взаимодействия между университетами.

Библиографический список

1. Артемьева, О. В., Бакулев А.С., Акименко А.В. Создание карт природы и общества в практике обучения студентов основам тематического картографирования в СПбГУ: условия нового времени / О. В. Артемьева, А. С. Бакулев, А. В. Акименко // Проблемы управления качеством образования: Сборник статей XIII Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 28-29 декабря 2020 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2020. – С. 19-23, [item.asp?id=44682156](#). EDN: ABZHCI

2. Артемьева О.В., Бакулев А.С., Гневашев Ф.А. Тенденции современного обучения студентов геоинформационному картографированию в Санкт-Петербургском государственном университете / О. В. Артемьева, А. С. Бакулев, Ф. А. Гневашев // Материалы XV Всероссийской конференции «Геоинформационные технологии и космический мониторинг» (5–10 сентября 2022 г.) / Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг, ФГБУН ФИЦ Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, – 2022. – Т. 2. – № 7. – С. 87-92. DOI: 10.23885/2500-123X-2022-2-7-87-92 EDN: JUSLXK

3. Артемьева О.В., Позднякова Н.А., Полицинский Н.С., Селифанов Д.А. Особенности преподавания курса "Основы тематического картографирования" в Санкт-Петербургском государственном университете / О. В. Артемьева, Н. А. Позднякова, Н.С. Полицинский, Д.А. Селифанов [Текст] // Сборник материалов XII Всероссийской научно-практической конференции "Геоинформационное картографирование в регионах России", Воронеж, 25-28 апреля 2024 г. [Электронный ресурс]. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2024. EDN: PFSOTF

4. Евтеев, О. А. Проектирование и составление социально-экономических карт. Учебник [Текст] / О. А. Евтеев. Москва: Изд-во МГУ, 1999 – 224 с. EDN: CEKFNS
5. Заруцкая, И. П., Красильникова, Н. В. Проектирование и составление карт. Карты природы [Текст] / И. П. Заруцкая, Н. В. Красильникова. Москва: Изд-во МГУ, 1989 – 296 с.
6. Салищев К. А. Картоведение. [Текст] / К. А. Салищев – Издание 3-е, дополненное и переработанное. – Москва: Изд-во МГУ, 1990 – 400 с.
7. Olga Artemeva, Sergei Tyurin, Alexander Wojnarowski, Anastasia Koponeva, Nicolay Vasilev Experience of project-based education in cartography domain // VI International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences & Arts, SGEM 2019 (24 aug – 2 sept, 2019), Albena, Bulgaria,. DOI: 10.5593/SWS.ISCSS.2019.4
8. Inkscape Электронный ресурс: <https://inkscape.org/ru> (дата обращения 12.03.2024).
9. Natural Earth – free raster and vector map data: [сайт]. [Электронный ресурс]. URL: <https://naturalearthdata.com> (дата обращения: 12.02.2024).
10. OpenStreetMap.ru: [сайт]. [Электронный ресурс]. URL: <https://openstreetmap.ru> (дата обращения: 12.02.2024).
11. QGIS: [сайт]. Электронный ресурс: <https://qgis.org/ru/site/index.html> (дата обращения: 21.02.2024).
12. Shuttle Radar Topography Mission: [сайт]. [Электронный ресурс]. URL: <https://srtm.csi.cgiar.org/srtmdata> (дата обращения: 01.02 2024).
13. USGS, United States Geological Survey (USGS), Data and Tools: [сайт]. [Электронный ресурс]. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov> (дата обращения: 01.02 2024).

И.А. Бронникова, И.В. Брыжко, bronnikova.irinka@yandex.ru
*Пермский государственный национальный исследовательский университет
г. Пермь, Россия*

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АТЛАСНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

С каждым годом технологии развиваются всё быстрее и быстрее. Методы прошлого устаревают, становится сложнее и дольше создавать продукт по «старинке». В картографии переход от рукописных карт к электронным уже подходит к своему завершению. Во многих учебных заведениях уже не чертят карты на бумаге, а работают в программах, таких как ArcGIS, QGIS, Mapinfo и другом ПО.

Ключевые слова: атласное картографирование, геоинформационные системы, атлас, картография

I. Bronnikova, I. Bryzhko, bronnikova.irinka@yandex.ru
Perm State University, Perm, Russia

GEOINFORMATION SUPPORT FOR ATLAS MAPPING

Every year, technologies are developing faster and faster. The methods of the past are becoming obsolete, it is becoming more difficult and longer to create a product the “old-fashioned way”. In cartography, the transition from hand-written maps to electronic ones is already coming to an end. Many educational institutions no longer draw maps on paper, but work in programs such as ArcGIS, QGIS, Mapinfo and other software.

Keywords: atlas mapping, geographic information systems, atlas, cartography

Атласное картографирование представляет собой процесс разработки и создания карт, на территории разного масштаба и тематики. Они могут изображать территорию регионов или стран. Важной частью создания атласа является выбор различных типов проекции и условных обозначений, а также выбор соответствующих методов представления различной географической информации.

В настоящее время создание атласов возможно автоматизированными способами на основе баз геоданных. Это позволяет создавать геоизображения в более короткий срок и с меньшими затратами труда.

Основная цель атласов – предоставить пользователям правдоподобную и актуальную информацию. Для этого используются различные технологии и инструменты.

Для создания атласов используется программное обеспечение, которое может собирать, обрабатывать, анализировать и отображать геоданные. Создание атласов с помощью геоинформационного программного обеспечения является наиболее быстрой альтернативой традиционным методам изготовления продукции.

Информация для построения карт собирается со спутников, которые в свою очередь делают геоизображения с определенной периодичностью, что позволяет быстро и достоверно получить информацию. Аэрофотоснимков, которые делаются на высоте от 100 м до 3 км как с помощью полноценной авиации, так и с помощью беспилотных летательных аппаратов. Также при создании атласов могут быть использованы материалы уже существующих карт, в том числе и в цифровом виде и других источников.

Карты, созданные в геоинформационных системах, проходят этапы сходные с теми, которые проходили при своем создании классические бумажные карты. Эти карты также проектируют, составляют и готовят к изданию, а потом и издают. На этапе проектирования

определяются требования к карте и составляется ее предварительная программа. Далее происходит сбор, анализ и оценка источников, а также изучаются картографируемые явления, далее следует составление программы карты.

На этапе составления карты происходит подготовка и обработка источников. Следующим этапом идет изготовление оригинала карты (построение картографической основы, перенос содержания с источников; его генерализация и оформление).

На этапе подготовки к изданию изготавливается издательский оригинал карты, далее выполняются вспомогательные действия по обслуживанию полиграфических процессов, происходит изготовление штриховых и красочных проб.

На заключительном этапе издания изготавливаются печатные формы, далее происходит печать и тиражирование карты.

В настоящее время создание карт с помощью геоинформационных технологий является основным инструментом создания карт. Метод, в котором нарисованные от руки карты, а собранные потом в атласы, существует до сих пор, но это делается по отдельному заказу пользователей. Массовое производство атласов происходит на основе карт, построенных на программном обеспечении в геоинформационных системах.

Для создания бумажной карты, нам нужно быть предельно аккуратными в работе, чтобы не было помарок и исправлений.

Для построения карт на основе геоинформационных технологий, картографы-геоинформатики работают в специальном программном обеспечении. В таких программах инструменты создания удобные и сделаны как раз для того, чтобы создавать карты. В данных программных продуктах можно создавать не только обычные карты территорий, но и 3D модели, цифровые модели местности, картоиды. Данные примеры карт будут точнее, чем такие же карты, начерченные от руки. Они лучше и нагляднее отображают информацию. Если же что-то пошло не так, можно легко изменить, удалить или же вернуться на шаг назад. Сделать так в бумажном формате не получится, если уже находитесь на этапе отмывки. Поменять цвет или дополнить какой-нибудь информацией практичнее будет в построении карт в геоинформационных системах.

Для построения карт используются такие программные продукты, которые предоставляют полный набор инструментов и функций для управления, анализа, отображения и картографирования географической информации. Одни из самых популярных – это программы ArcGIS, QGIS, Mapinfo. Они могут не только создавать карты, но и 3d изображения. Среди российских аналогов можно выделить ГИС Панорама.

Электронные атласы – это система картографической визуализации, которые представляют собой геоизображение, поддерживаемое программным обеспечением, позволяющим устроить покадровый просмотр растровых изображений карт. Визуализация которого происходит с использованием принятых картографических условных обозначений в принятой проекции. Также электронные атласы включают в себя текстовые комментарии, анимацию, звуковые сопровождения и др.

Электронный атлас может быть заменой или дополнением к уже существующим бумажным вариантам. Такие атласы отражают актуальные данные. Ведь зачастую бумажные носители теряют свою правдивость. Эти атласы классифицируются также, как и классические атласы. Атласы могут быть нужны и полезны для многих групп людей занятых в различных сферах деятельности. В сфере образования школьникам и студентам визуализация географических данных может помочь научиться ориентироваться в пространстве. Учителя могут демонстрировать на уроках различные географические данные [2].

В сфере туризма путешественники могут использовать электронные атласы для планирования разных вариантов маршрутов, знакомства с достопримечательностями и ориентирования на незнакомой местности. Туристы могут изучать местные достопримечательности и планировать свой отдых, а также находить информацию о транспортных маршрутах и расписании общественного транспорта.

Исследователи могут использовать электронные атласы для визуализации данных и получения необходимой информации о различных регионах и странах. Геодезисты и инженеры могут получить точные географические данные и использовать их при планировании и строительстве различных объектов.

Отличным примером комплексного подхода к созданию атласа является АИС «Опасные гидрометеорологические явления уральского Прикамья», этот продукт является синтезом долгосрочных исследований и мониторинга опасных природных явлений, использования технологий веб-картографирования и геоинформационных систем [3].

Интересен также подход ученых, создавших веб-атлас Алтае-Саянского экорегиона, этот атлас предназначен для приведения в систему и совместного использования различной информации о природе, экологической обстановке, хозяйственной деятельности, социально-демографической и другой ситуации на анализируемой территории. Кроме того, для пользователей предусмотрена возможность интеграции собственных данных с уже существующими сервисами [4].

Современные методы исследования и технологии нашли свое применение и при изучении эрозионных процессов на территории Пермского края. Используя данные геоинформационных технологий и материалов космосъемок для установления динамики эрозии, оценки почвенных и ландшафтных изменений на территории Пермского края были построены модели, учитывающие совокупное воздействие факторов эрозии на окружающую среду и на основе этих данных создан веб-сервис Эрозионной опасности на территории Пермского края [5].

Важной составляющей работы с современными атласами является автоматизация, так в МИИГАИК была разработана концепция автоматизированного создания атласов, обеспечивающая решение наиболее трудоемких и сложных процессов атласного картографирования, к примеру таких как разработка оптимальной структуры атласа, проектирование математической основы атласа, визуализация справочной информации атласа и т.д. [1].

Электронные атласы — это мощные инструменты, которые имеют широкий прикладной характер и могут использоваться в различных областях. Они представляют собой электронные версии классических атласов и обладают преимуществами. Такими как возможность создать персональную карту, добавление или изменение географических данных, возможность менять масштаб и инструменты, помогающие в повседневной жизни. Также они могут содержать информацию о местных достопримечательностях и услугах, данные о дорожной сети. Электронными атласами можно делиться в онлайн-формате, например, чтобы показать свое местоположение или показать какие-то данные.

Библиографический список

1. Крылов, С. А. Автоматизация процессов атласного картографирования: направления и пути решения / С. А. Крылов, Г. И. Загребин // Приложение к журналу Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. Сборник статей по итогам научно-технической конференции. — 2018. — № 9. — С. 24-26. EDN: YXAMBF
2. Морозова, Е. А. Геоинформационное обеспечение школьного курса географии / Е. А. Морозова, И. В. Брыжко // ИнтерКарто. ИнтерГИС. — 2022. — Т. 28, № 1. — С. 189-203. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-1-28-189-203 EDN: NOTTPL
3. Пьянков, С. В. Современные методы и технологии в тематическом атласном картографировании (на примере АИС "Опасные гидрометеорологические явления Уральского Прикамья) / С. В. Пьянков, А. Н. Шихов, Р. К. Абдуллин // Вопросы географии. — 2017. — № 144. — С. 208-226. EDN: XNFPCX
4. Ротанова, И. Н. Подходы к созданию веб-атласа Алтае-Саянского экорегиона / И. Н. Ротанова, Н. В. Репин // Известия Алтайского государственного университета. — 2014. — № 3-1(83). — С. 128-132. DOI: 10.14258/izvasu(2014)3.1-23 EDN: SHUEEB
5. Столбов, И.А. Геоинформационное обеспечение оценки эрозионной опасности земель сельских территорий / И.А. Столбов, В.Г. Брыжко, И.В. Брыжко // ИнтерКарто. ИнтерГИС. — 2022. — Т. 28, № 2. — С. 885-900. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-885-900 EDN: POVENI

ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ В ПЕРМСКОМ КРАЕ

В статье рассматриваются технологии воздушного лазерного сканирования и их применение в лесном хозяйстве. Описана практика проведения съемки с помощью беспилотного летательного аппарата с установленным на нем воздушным лазерным сканером, а также особенности обработки данных для получения таксационных характеристик деревьев

Ключевые слова: Воздушное лазерное сканирование, лесное хозяйство, беспилотные летательные аппараты

A. Burdin, burdinartem@gmail.com
Perm State University, Perm, Russia

AIR LASER SCANNING IN FORESTRY

The article discusses airborne laser scanning technologies and their application in forestry. It describes the practice of surveying with the help of an unmanned aerial vehicle with an airborne laser scanner, as well as the peculiarities of data processing for obtaining trees characteristics.

Keywords: Airborne laser scanning, forestry, unmanned aerial vehicles

Введение

В настоящее время лесное хозяйство наряду с другими отраслями переживает период цифровой трансформации, первоочередным направлением при этом является таксация лесов – комплекс мероприятий, направленный на получение актуальной и достоверной информации о состоянии лесов, их характеристиках, ресурсах и потенциале. [1] Знание точных характеристик лесов в дальнейшем даст возможность правильно их интерпретировать, сделать работу в отрасли более эффективной, грамотно распоряжаться ресурсами и сохранить природный потенциал. Для лесной таксации часто применяются материалы дистанционного зондирования земли (далее – ДЗЗ), с недавнего времени поднимается вопрос об использовании беспилотных летательных аппаратов (далее – БПЛА) с различной нагрузкой, способных получать данные о лесных насаждениях. Для эффективной съемки и корректной интерпретации полученных данных необходимо иметь понимание и знать различия основных методов и технологий съемки лесных массивов.

Методы съемки

На данный момент при таксации леса применяются только материалы аэрофотосъемки пространственного разрешения от 2,5 метров на пиксель, снятые в вегетационный период, не старше 2 лет с момента проведения полевых работ [2]. Но с развитием технологий, оперативностью проведения таксационных работ и актуализации данных применяются БПЛА. Применение БПЛА имеет существенные преимущества: возможность проводить съемку больших площадей в высоком качестве, в том числе в условиях облачности;

- наличие множества камер и сканеров для съемки;
- возможность выбирать детальность получаемых данных.

Самым инновационным методом съемки леса с БПЛА остается воздушное лазерное сканирование (далее ВЛС). Этот метод основан на поступлении лазерного импульса, направленного на объект, а затем отраженного обратно к датчику. В процессе съемки строится не только расстояние до поверхности, но и форма и высота объекта, его координаты в про-

странстве. Таким образом, строится цифровая 3D-модель облака точек, полученных с лазера. Среди методов ВЛС выделяют съемку сканером LiDAR (Light Detection And Ranging с англ. обнаружение и определение дальности с помощью света) [5], который может быть установлен на различные БПЛА в качестве подвеса.

Основным преимуществом перед обычной аэрофотосъемкой остается проникающая способность лазера: из-за высокой скорости получения лазерных точек, лазерные импульсы способны проникать под полог леса и растительность нижних ярусов, давая возможность получить больше данных о рельефе. Полученная информация позволяет определить основные таксационные характеристики: высоту, размеры кроны дерева, абсолютную полноту насаждений.

Выделяют множество сканеров разных марок и моделей. В настоящее время в практике съемки используются модели Zenmuse L1 и L2, установленные на БПЛА типа квадрокоптер DJI Matrice 300 и 350. В описании работы при съемке будет использоваться GNSS станция D-RTK-2 [4]. Так как БПЛА и подвес совместимы, процесс съемки и обработки является более оперативным. Также данный подвес установлен на трехосевом стабилизаторе, что позволяет сканировать не только в нади́р, но и под разными углами.

Запуск БПЛА выполняется с открытых площадок в лесу (вырубок, дорог, полей), по заранее записанному полетному заданию. Можно выделить два уровня точности для съемки ВЛС (табл.). Детальный метод подходит для съемки лесосек под заготовку, не более 25 га, общий применяется для съемки лесных кварталов от 100 га и более.

Полетное задание включает в себя следование рельефу, что дает возможность снять участок с меньшим количеством ошибок. Важно, что из настроек задания подвес не снимает лес в поворотах, а плавно огибает углы, что дает возможность снимать дольше, не расходуя батареи. Стоит отметить и интервал съемки: в среднем один полет длится не более 30 минут, БПЛА летит автономно, без вмешательства человека. Высокая точность геопозиционирования (1-2 см) определяется установленной базовой станцией RTK, которая передает поправки на БПЛА, тем самым обеспечивая высокую точность данных на постобработке.

Таблица

Точность съемки ВЛС лесных массивов с DJI Matrice 300-350

Метод	Высота съемки (м)	Скорость съемки (м/с)	Перекрытие поперечное (%)	Двойной проход (продольная и поперечная съемка)
Общий	150	15	50	нет
Детальный	80-100	9	70	да

Данные в процессе съемки записываются на внутренний накопитель и содержат в себе файлы записи облака точек, траекторий, фотографий и координат базовой станции, которые необходимо проверить и склеить в специальном программном обеспечении DJI Terra [3], которое, в свою очередь, передает данные в общем обменном формате .LAS.

Методы обработки

Процесс обработки записанного облака точек состоит из нескольких этапов работы: предварительная обработка и обработка тематической составляющей.

Обработка ведется в программном обеспечении LiDAR360 с тематическим модулем Forestry [6]. С неклассифицированным облаком точек выполняется предварительная обработка: берутся файлы траекторий, по которым в дальнейшем высчитываются ошибки по X,Y,Z и углам, которые записываются в отдельный класс перекрытий, такой процесс позволит избавиться от неточностей при построении карты рельефа и цифровой модели местности. Кроме того, удаляются лишние точки, которые находятся сильно выше участка (капли дождя во время съемки, пролетающие птицы и т.п.).

Следующим шагом идет тематическая обработка. Одноименным инструментом классифицируются точки земли, по которым строится модель рельефа (DEM). Классифицируется

средняя (до 8 м) и высокая (от 8 м) растительность, а также различные здания и объекты при наличии. По всему облаку точек создается цифровая модель местности (DSM). Файлы DEM и DSM записаны в формате .tif с разрешением 0,5м пикс. При расчете разности этих растров получается модель высоты полога, которая показывает высоты от земли до вершин деревьев. Помимо этого, исходное облако точек можно привести к нормализованному, исключив рельеф, что в свою очередь дает возможность посчитать высоту древостоя. Следующим шагом является сегментация деревьев – выделение вершин деревьев, площади и объема кроны. Стоит отметить, что инструмент дает выбрать параметры определения сегментов, так, например, в этой работе взяты высоты от 8 до 40 метров, параметры размытия Sigma 1, Radius 7 pix, буферная зона 50 pix, порог высоты кроны 0,8 м (Рис.1.).

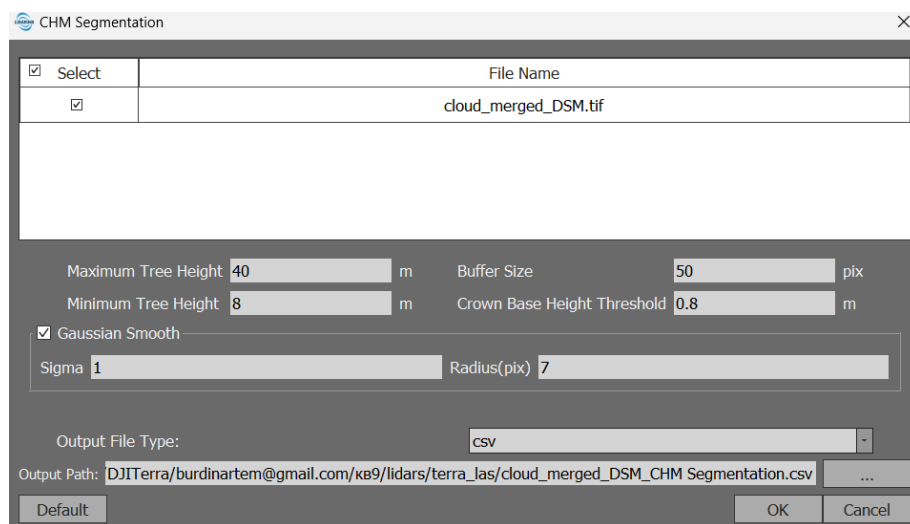


Рис.1. Характеристики модели высоты лесного полога.

Получившиеся сегменты деревьев записываются в файлы shp и csv, которые содержат в себе площадь кроны, ее объем, высоту дерева и его координаты. Выделенные таксационные характеристики можно интерпретировать различным образом. Например, имея границу лесосеки или лесного выдела, можно получить высоту каждого дерева, объем его кроны, а также, используя таблицы хода роста лесных насаждений, высчитать абсолютную полноту, возраст и объем древесины (Рис.2).

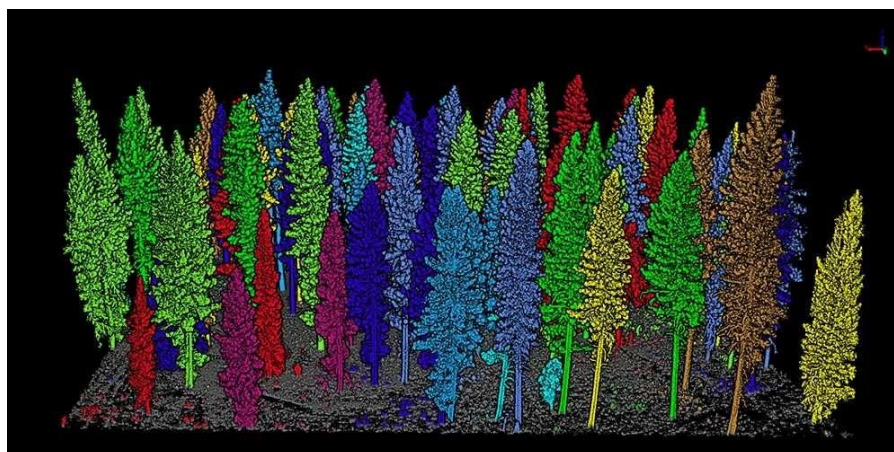


Рис.2. 3D модель сегментированных деревьев с характеристиками.

Заключение

Данные, полученные с ВЛС, дают возможность посчитать многие таксационные характеристики леса, исключив человеческий фактор и сократив трудозатраты. Помимо ВЛС активно применяется аэрофотосъемка с БПЛА в инфракрасном спектре, что дает возможность выявлять породный состав насаждений. Провести подеревную таксацию традиционным методом (сплошным пересчетом стволов деревьев) площади в 25 га займет не менее 10 ч, тогда как с помощью БПЛА и лазерного сканирования на это уходит не более 2 ч.

При этом стоит отметить, что не все характеристики можно получить при помощи применения БПЛА, однако комбинированное применение современных технологий (ВЛС) и традиционных методов таксации лесов улучшит качество полученных данных, позволит точнее определять участки, подходящие для заготовки древесины, определять объемы под лесовосстановление и рационально использовать лесные ресурсы.

Библиографический список

1. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 N 200-ФЗ. Глава 5. Лесостроительство и проектирование лесных участков. Статья №69.1 М.: 2024. 79 с.
2. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации № 510 от 05 августа 2022. VI. Технические требования при проведении лесостроительства и выполнении соответствующих работ по лесостроительству // 59. Материалы ДЗЗ используемые при выполнении мероприятий по лесостроительству. М.: 2022. 21 с.
3. DJI Enterprise. DJI Terra // [Электронный ресурс]: <https://enterprise.dji.com/dji-terra>.
4. DJI Enterprise. Matrice 350 RTK // Specs [Электронный ресурс]: <https://enterprise.dji.com/matrice-350-rtk/specs>.
5. ESRI ArcGISPro. ArcGISPro Ресурсы. Справка // Основы LiDAR [Электронный ресурс]: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/latest/help/data/las-dataset/what-is-lidar->.
6. Green Valley international Inc (GVI). LiDAR360 application // [Электронный ресурс]: <https://www.greenvalleyintl.com/LiDAR360>.

АЛЬБОМ ТАКТИЛЬНЫХ КАРТ ГОРОДА ПЕРМИ

Рассмотрено создание альбома тактильных карт города Перми. Представлены основные принципы проектирования условных обозначений на тифлокартах. Описаны основные этапы создания альбома тактильных карт города Перми с рельефной поверхностью и тифлокомментариями для детей среднего школьного возраста с ограничениями по зрению. Альбом содержит 9 классических карт с возможностью восприятия людьми с особенностями зрения и 9 дублирующих тифлокарт идентичного размера и масштаба для обеспечения тактильного восприятия пространственно-ориентированной информации. Это «Рельеф Перми», «Климат Перми», «Реки Перми», «Почвы Перми», «Растительность Перми», «Животный мир Перми», «Особо охраняемые природные территории Перми», «Административное деление Перми», «Достопримечательности Перми».

Ключевые слова: тифлокарта, альбом тактильных карт, город Пермь.

Evgeniya L. Gatina, Aleksandr Iu. Karakulov, suslovael@mail.ru

Perm State University, Perm, Russia

ALBUM OF TACTILE MAPS OF THE CITY OF PERM

The creation of an album of tactile maps of the city of Perm is considered. The basic principles of symbols design on typhlocards are presented. The main stages of creating an album of tactile maps of the city of Perm with a relief surface and typhlocomments for middle school children with visual impairments are described. There are 9 classical maps with the possibility of perception by visually impaired people and 9 duplicate tiflomap of identical size and scale to ensure tactile perception of spatially oriented information in album. These are 'Relief of Perm', 'Climate of Perm', 'Rivers of Perm', 'Soils of Perm', 'Vegetation of Perm', 'Animals of Perm', 'Specially protected natural areas of Perm', 'Administrative division of Perm', 'Sights of Perm'.

Keywords: tiflocard, album of tactile cards, city of Perm

Составление тактильной карты – это процесс, основанный не столько на картографических знаниях, сколько на знаниях тифлографии. Большинство тактильных карт не подчиняются базовым правилам картографии.

Сегодня на практике выделяются следующие принципы проектирования условных обозначений на карте [Принципы составления, 2021]: размер обозначения не может быть менее, чем 2-3 мм, так как человек не может тактильно воспринимать мелкие объекты. Рекомендуются к использованию объекты с округлой формой (эллипс, круг), в меньшей степени угловатые простые геометрические фигуры (треугольник, квадрат и т.п.) в виду особенностей их тактильного восприятия. Расстояние между элементами линии, например штрихпунктирной, должно быть больше 2 мм, поскольку при более близком расположении элементов, они могут слиться в единый объект и уже не восприниматься тактильно. При использовании линии одинаковой текстуры необходимо соблюдать двойной шаг увеличения толщины линии. Линии толщиной более 4 мм необходимо использовать преимущественно на крупномасштабных картах, планах. Использование площадных условных обозначений в тактильной картографии ограничено, так как в тактильных картах, предназначенных для незрячих, невозможно использовать цвет. Площадные обозначения формируются из точек, линий, паттернов и других элементов, которые передают внутреннюю текстуру. Однако понимание

площадных обозначений незрячими затруднено по сравнению с точечными и линейными, поскольку их восприятие требует большего усилия.

На сегодняшний день разработаны и изданы тактильные карты в некоторых городах Российской Федерации: тактильный комплексный географический атлас Москвы (Медведев, 2016), тактильная карта города Екатеринбурга (Тактильная карта..., 2024), тактильная карта города Новосибирск. Для города Перми и территории Пермского края тактильные карты отсутствуют. Разработка и создание альбома тактильных карт города Перми с рельефной поверхностью и тифлокомментариями для детей среднего школьного возраста с ограничениями по зрению восполнит потребность в региональном компоненте и картографическом обеспечении образовательного процесса.

Основным инструментом для обработки данных с целью создания современных тифлокарт являются ГИС-пакеты. Для разработки тактильных карт города Перми использовалось ПО ArcGIS 10.8, позволяющее производить обработку пространственных данных различных видов. На первом этапе работы была собрана база пространственных данных, содержащая в себе сведения, необходимые для построения тифлокарт на этапе проектирования по определенным тематикам. Далее создана базовая компоновка карты (слои с границей города, водохранилищами в пределах экстенда карты). Определена математическая основа карты: проекция WGS 84 / UTM zone 40N, наиболее часто применяемая при создании картографических материалов на территорию Пермского края. Для печатного листа формата А3 наиболее подходящим для комплексного размещения границ города Пермь является масштаб 1:150000 (1,5 километра в 1 сантиметре карты). Шаг картографической сетки – 20 секунд.

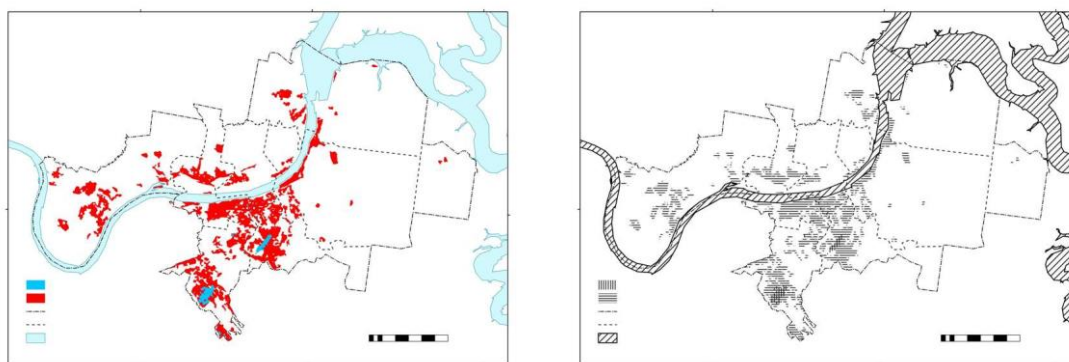
Перед оформлением картографического материала производились работы по генерализации пространственных данных с целью соблюдения принципов создания тифлокарт. Так для достижения плавности линий на карте с помощью инструмента ПО ArcGIS «Упростить линию» у пространственных линейных объектов удалялись излишние вершины и изгибы линии. Затем уже для упрощенных объектов производилось сглаживание, с целью удаления острых углов на карте. Такого эффекта можно достичь при использовании инструмента «Сгладить линию». На рисунке 1 представлен результат упрощения тематического слоя рек Перми.



Рис. 1. Результат проведения упрощения линейных объектов на примере тематического слоя «Реки Перми»

В ходе работ созданы пары карт по каждой тематике: классическая карта с возможностью восприятия людьми с особенностями зрения, а также тифлокарта идентичного размера и масштаба для обеспечения тактильного восприятия пространственно-ориентированной информации. Для обеспечения специализированного назначения карт применялись следующие приемы: объекты по возможности окрашивались в яркие уникальные контрастные цвета, исключалось прилегание красного и зеленого цветов друг к другу, поскольку лица, страдающие дальтонизмом, имеют склонность к неразличаемости этих цветов. Для создания тифлографи-

ческой части из готовой компоновки полученной карты исключали все шрифтовое и фоновое оформление (все цветные элементы и заливку цветом). Для различимости линейных объектов через свойства оформления слоёв каждая линия делалась различной толщины, либо использовался пунктир и штрих-пунктир. Для замены цвета использовалась штриховка различной плотности линий и наклона, а также заполнение площадного объекта примитивными геометрическими фигурами.



а)

б)

Рис. 2. Пример базового варианта карты, экспортированной из ПО ArcGIS для последующей обработки в ПО Adobe Illustrator, где а – классическая карта с возможностью восприятия людьми с особенностями зрения,

б – тифлокарта идентичного размера и масштаба для обеспечения тактильного восприятия пространственно-ориентированной информации.

По итогам обработки пространственных тематических данных в программном обеспечении ArcGIS 10.8 создается картографическая подложка (пример представлен на рис. 2) в векторном формате, на которую наносятся дополнительные сведения (текстовые данные, значки) в программном обеспечении Adobe Illustrator. На классическом варианте карты – слой с текстом наносится при помощи одноименного инструмента. На тифлокарте – в том же месте располагается текст аналогичного содержания исполненный при помощи русского шрифта Брайля. Перевод текста на шрифт Брайля производился при помощи онлайн-ресурса [2]. Он позволяет вводить текст на русском языке и скачивать векторный файл SVG, содержащий в себе введенную надпись, выполненную шрифтом Брайля по всем нормам ГОСТа, то есть шеститочие имеет правильный размер, а сами точки – установленный нормами диаметр (процесс работы сайта представлен на рис. 3).

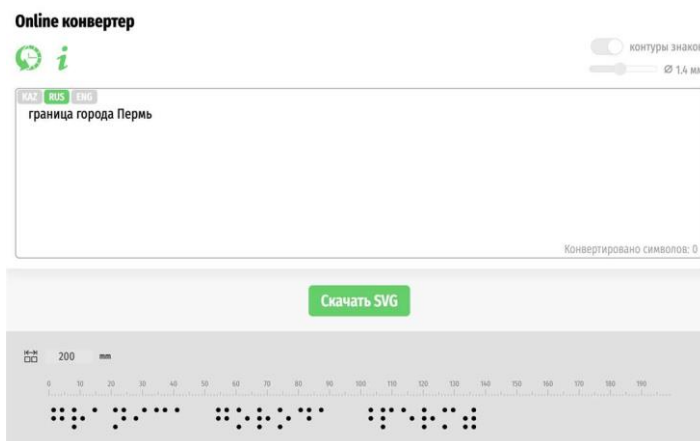


Рис. 3. Конвертация надписей в шрифт Брайля

Далее происходит совмещение базовой карты и дополнительного материала (текст, рисунки, значки) в ПО Adobe Illustrator 2022 при помощи инструментов импорта. По результатам этого совмещения получали готовые картографические продукты, готовые к экспорту в векторном формате и началу предпечатной подготовки карт.

Таким образом создано 9 карт с дублирующими тифлокартами: «Рельеф Перми», «Климат Перми», «Реки Перми», «Почвы Перми», «Растительность Перми», «Животный мир Перми», «Особо охраняемые природные территории Перми», «Административное деление Перми», «Достопримечательности Перми». Предпечатная подготовка и издание альбома проведены в ООО «Палитра», специализирующемся на выпуске тактильных мнемосхем и изготовлении книг для слабовидящих по системе Брайля. Издан альбом с тематическими картами города Перми.

Разработка и создание альбома тактильных карт города Перми с рельефной поверхностью и тифлокомментариями для детей среднего школьного возраста с ограничениями по зрению восполнила потребность в региональном компоненте и картографическом обеспечении образовательного процесса.

Библиографический список

1. В Новосибирске издают географические карты для незрячих и слабовидящих URL: <https://www.rgo.ru/ru/article/v-novosibirske-izdayut-geograficheskie-karty-dlya-nezryachih-i-slabovidyashchih> (дата обращения 07.08.2024).
2. Векторный шрифт Брайля. URL: https://546050.kz/Braille_font.php (дата обращения 07.08.2024).
3. Медведев А.А., Алексеенко Н.А., Васёв М.К., Тактильный атлас Москвы – комплексное картографическое произведение для незрячих // Геодезия и картография. 2016. № 7. С. 8-14. DOI: 10.22389/0016-7126-2016-913-7-8-14 EDN: WGWZFT
4. Принципы составления и возможности использования тактильных карт в преподавании географии / Э.В. Бакиева, Э.Р. Бигильдина, И.Р. Вильданов [и др.] // ЦИТИСЭ. 2021. № 1(27). С. 195-205. DOI: 10.15350/2409-7616.2021.1.18 EDN: DHSTYN
5. Тактильная карта г. Екатеринбурга. URL: <https://www.uralweb.ru/news/society/428529-u-ekaterinburga-poyavilas-interaktivnaya-taktilnaya-karta.html> (дата обращения 07.08.2024).

ТОЧНОСТЬ СОГЛАСОВАНИЯ РАЗНОВРЕМЕННЫХ ДЕТАЛЬНЫХ ЦМР ПРИ ПОМОЩИ КОРЕГИСТРАЦИИ

В статье изучается точность согласования разновременных цифровых моделей рельефа (ЦМР), полученных с помощью беспилотной аэрофотосъемки без точной координатной привязки. Исследование проводится с использованием методов корегистрации ЦМР, для этого были использованы массивы аэрофотоснимков с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) за 2021–2024 годы съемки для трех различных участков с различными особенностями рельефа и растительности. В статье представлено сравнение результатов корегистрации путем построения разностей для полей разностей, где опорная модель для согласования получена с помощью совместного уравнивания блоков при фотограмметрической обработке.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат (БПЛА), беспилотная аэрофотосъемка, цифровая модель рельефа (ЦМР), цифровая модель местности (ЦММ), относительная точность высот, совместное уравнивание блоков, корегистрация.

V.V. Zorina¹ zorinavv@my.msu.ru, B.M. Kuramagomedov² bashir.kura@igras.ru

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

² Russian academy of sciences, Institute of Geography, Moscow, Russia

ACCURACY OF CO-REGISTRATION ADJUSTMENT OF MULTI-TEMPORAL DETAILED DEMS

The paper studies the adjustment's accuracy of digital elevation model (DEM) construction obtained by unmanned aerial imagery without precise coordinate reference. The study is conducted using DEM co-registration methods, and for this purpose, aerial image datasets from an unmanned aerial vehicle (UAV) for 2021–2024 survey years for three different sites were used, the selection of sites was based on terrain and vegetation features. The paper presents a comparison of co-registration results by subtraction of difference fields, where the reference model is obtained by co-alignment during photogrammetric processing.

Keywords: unmanned aerial vehicle (UAV), aerial imagery, digital elevation model (DEM), digital surface model (DSM), relative elevation, co-alignment, co-registration

В настоящее время цифровые модели местности (ЦММ) и цифровые модели рельефа (ЦМР), получаемые посредством съемки с беспилотного летательного аппарата (БПЛА), получили широкое применение во многих областях географических исследований: беспилотная аэрофотосъемка позволяет оперативно получить информацию с высокой степенью детализации (может составлять 0,5 м и менее). Цифровые модели рельефа, получаемые на основе данных с БПЛА, используются для получения точных количественных характеристик рельефа, моделирования и прогнозирования рельефообразующих процессов. Исследования динамики рельефа при таких крупных масштабах подразумевает согласованность разновременных ЦМР в плане и по высоте, поэтому актуальной задачей является обеспечение относительной точности сопоставляемых цифровых моделей. Согласованность цифровых моделей может быть обеспечена использованием геодезических съемочных комплексов или размещением наземных опорных точек: на территории съемки проводится измерение точек планово-высотного обоснования с помощью ГНСС-оборудования, которые затем фиксируются на съемке с БПЛА. Однако в действительности географических исследований широкое

применение получили БПЛА пользовательского класса типа DJI, без возможности использования ГНСС оборудования. Точность материалов составляет первые метры, ЦМР деформированы, и, как следствие, согласованность разновременных материалов недостижима. Так, актуальной задачей становится обеспечение согласованности разновременных моделей путем совместного уравнивания аэрофотоснимков на этапе фотограмметрической обработки или корегистратией ЦМР.

Совместное уравнивание блоков в рамках фотограмметрической обработки массивов аэрофотоснимков — это метод, основанный на формировании единого блока для каждого набора данных беспилотной аэрофотосъемки [1]. Входными данными при совместном уравнивании блоков являются массивы снимков с БПЛА. Результат совместного уравнивания блоков существенно улучшает согласованность цифровых моделей рельефа (ЦМР) [1; 2; 4]. Однако в практике исследований зачастую невозможна организация больших массивов исходных данных беспилотной аэрофотосъемки, сохраняются и используются только результаты трехмерного моделирования снимаемой территории. Это является ограничивающим фактором применения рассмотренной методики согласования разновременных ЦМР.

При отсутствии исходных данных возможно применение другого способа согласования, где в качестве входных данных выступают растровые ЦМР и ЦММ — корегистрация. Корегистрация представляет собой регистрацию или автоматическое совмещение отдельных точек поверхности моделей, на основании которых строится согласованная относительно референс-модели ЦМР (ЦММ).

Целью исследования является оценка точности разновременных моделей по данным беспилотной аэрофотосъемки без геодезической привязки, согласованных различными методиками корегистрации, доступными пользователю: CODEM [6], ILEM [3], DEMCOREG [5]. Они представляют собой программный код с возможностью изменения входных параметров согласования: параметры подбираются исходя из количественных характеристик моделей и качественных характеристик рельефа.

Методика оценки результатов корегистрации заключается в расчете относительных превышений между разновременными ЦМР (ЦММ). Вычисления включают разность разновременных растров, расчет поверхности тренда и наклона поверхности тренда, среднего и среднеквадратического отклонения. Эталонными полями разности являются результаты совместного уравнивания блоков беспилотной аэрофотосъемки. Корегистрированные разновременные цифровые модели вычитаются друг из друга, для полученных полей разности производятся статистические вычисления, а также сравниваются относительно эталона. Диапазон значений разности от отрицательных до положительных чисел: значения ниже нуля говорят о занижении относительно эталонной модели, значения выше нуля — о превышении, около нулевые значения свидетельствуют о согласованности моделей.

Оценка результатов согласования ЦМР и ЦММ по данным беспилотной аэрофотосъемки разными методиками корегистрации проводится на материалах трех участков, характеризующихся разным рельефом и площадью растительного покрова: участок 1 расположен на склоне Ачит-Нуурской котловины, Монголия (район оз. Ачит-Нуур); участок 2 в долине р. Гейзерной, п-ов. Камчатка; участок 3 расположен на Карельском берегу Кандакшского залива Белого моря, п-ов Киндо (район пос. Приморский).

Участок 1: Ачит-Нуурская котловина, Монголия. Участок склона озерной котловины, площадью 0,4 км²: рельеф наклонный, слабопересеченный. Растительность на участках отсутствует или представлена мозаично расположенными невысокими кустарничками. Склоны слабодинамичны, денудационно-аккумулятивные процессы не выражены: присутствуют эоловые процессы, формирующие небольшие ниши выдувания. На участках определяются следы древних процессов эндогенного происхождения. Съемка проводилась в 2022 г с помощью DJI Phantom 4 Pro: получены 81 кадр с высоты 200 м (разрешение снимка 5,5 см/пикс); 47 кадров с высоты 300 м (разрешение снимка 8,1 см/пикс). Материалы для корегистрации представляют собой ЦМР детальностью 0,23 м и 0,35 м соответственно.

Участок 2: Долина р. Гейзерной, Камчатка. Участок площадью 0,9 км², для которого характерен сильно пересеченный долинный рельеф с перепадами высот порядка 700 м. Этот участок включает в себя фрагмент оползневого тела, сошедшего в долине в 2007 г, и стенку отрыва твердых масс, крутизна которой превышает 60°. Поверхность оползневого тела преимущественно стабильна, за исключением стенки отрыва оползня, где регулярно происходит осыпание и смещение рыхлых масс. Растительность обладает характерной нерегулярностью. Съёмка проводилась в 2022-2023 гг. с помощью DJI Mavic Air 2, DJI Phantom 4 Pro: 2022 год – более 700 кадров разновысотной плановой и перспективной съёмки; 2023 год – более 600 кадров разновысотной плановой и перспективной съёмки. Материалы для корегистрации представляют собой ЦММ детальностью 0,17 м и 0,32 м соответственно.

Участок 3: П-ов Киндо, Карелия. Участок площадью 0,3 км², для которого характерно сочетание обнаженного рельефа с древесной растительностью. Территория с невысокой степенью пересеченности рельефа, слабодинамична ввиду скального характера пород, денудационно-аккумулятивные процессы не выражены. Съёмка проводилась в 2021-2022 гг с помощью Geoscan Gemini: 2021 год – 341 кадр с высоты 150 м (разрешение снимка 4 см/пикс); 2022 год – 608 кадров с высоты 150 м. Материалы для корегистрации представляют собой ЦММ детальностью 0,09 м и 0,09 м соответственно.

Поскольку все три тестовых участка не претерпели значительных изменений в рельефе за исследуемый период, предполагается, что значения полей разности не должны находиться в диапазонах экстремумов значений. Также возможно, что на тестовом участке 2 (рис.), подверженном динамичным обвально-осыпным процессам, могут возникать зоны денудации и аккумуляции твердого материала — показатель согласованности моделей выходит за рамки диапазона значений от –0,5 до +0,5 м.

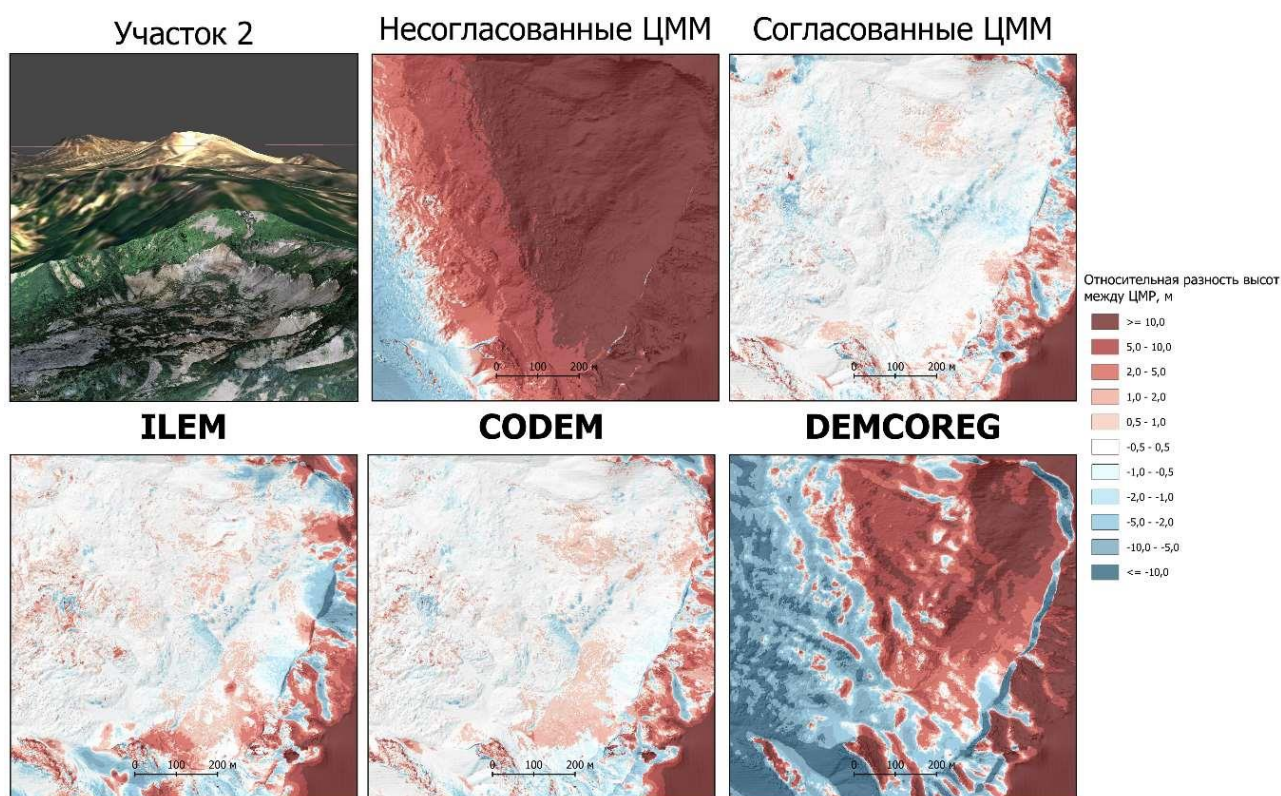


Рис. Оценка согласования разновременных ЦММ для участка 2, долина р. Гейзерной, Камчатка

Для участка 1 корегистрация позволяет исправить занижение одной модели относительно другой: относительная высота полей разности исходных моделей составляет в среднем –7 м, для корегистрированных среднее значение находится в пределах 0,01 м (CODEM), 0,02 м (ILEM), 0,58 м (DEMCOREG).

Для участка 2 использование методики корегистрации исправляет наклон исследуемой модели, а также достоверно отображает изменения в рельефе, произошедшие за год: выделяются зоны денудации и аккумуляции рыхлого материала (рис. 1). Такая классификация выступает индикатором качества согласованности разновременных ЦМР методиками корегистрации: зоны аккумуляции и денудации отображены достоверно.

Для участка 3 корегистрация также позволяет исправить занижение одной модели относительно другой: относительная высота полей разности исходных моделей составляет в среднем -4 м, для корегистрированных цифровых моделей значение поля разности для участков рельефа находится в диапазоне от $-0,5$ до $+0,5$ м.

Итак, наиболее приближенным к эталонному и, как следствие, наибольшей достоверностью обладает результат согласования разновременных ЦМР алгоритма корегистрации CODEM. При ожидаемых нулевых значениях превышений оценка результата работы этого алгоритма на всех трех участках максимально приближена к ожиданию. Методикой корегистрации DEMCOREG результат согласованности крупномасштабных цифровых моделей не достигается.

Аэрофотосъемка участка 1 выполнена при поддержке проекта РНФ 21-17-00058. Аэрофотосъемка участка 2 выполнена при поддержке проекта РНФ 21-17-00216. Аэрофотосъемка участка 3, обработка и анализ результатов выполнены в рамках работ по государственному заданию (№ проекта 121051400061-9). БПЛА Geoscan Gemini, аппаратное обеспечение и программное обеспечение предоставлены Центром коллективного пользования «Геоопортал МГУ».

Библиографический список

1. Cook K. L., Dietze M. Short Communication: A simple workflow for robust low-cost UAV-derived change detection without ground control points // *Earth Surf. Dyn.* 2019. Vol. 7. № 4. P. 1009-1017. DOI: 10.5194/esurf-7-1009-2019
2. de Haas T. Case Report: Optimization of Topographic Change Detection with UAV Structure-From-Motion Photogrammetry Through Survey Co-Alignment // *Front. Remote Sens.* 2021. Vol. 2. № 626810. P. 1-9. DOI: 10.3389/frsen.2021.626810 EDN: IJRAJH
3. Kharchenko S. High-precision local fitting of elevation models with spatially varying georeferencing errors using the ILEM algorithm in R // *International Commission on Continental Erosion (ICCE). Symposium on the sensitivity of erosion and sediment transport to recent climate change.* Eichstätt, 2024. P. 75-76.
4. Nota E. W., Nijland W., de Haas T. Improving UAV-SfM time-series accuracy by co-alignment and contributions of ground control or RTK positioning // *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation.* 2022. № 109 (102772). P. 1-12. DOI: 10.1016/j.jag.2022.102772 EDN: VYJNCQ
5. Shean, D. E., O. Alexandrov, Z. Moratto, B. E. Smith, I. R. Joughin, C. C. Porter, Morin, P. J. An automated, open-source pipeline for mass production of digital elevation models (DEMs) from very high-resolution commercial stereo satellite imagery, *ISPRS J. Photogramm // Remote Sens.* 2016. Vol. 116, P. 101-117, DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2016.03.012 EDN: WVHZPJ
6. CODEM: Multi-Modal Digital Elevation Model Registration // GitHub, Inc. URL: <https://github.com/NCALM-UH/CODEM> (дата обращения: 29.07.24).

3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ГОРНОГО РЕЛЬЕФА ПО РАСТРОВОЙ КАРТЕ

Настоящая статья посвящена разработке методических указаний по векторизации горного рельефа, отображенных на растровых картах. Выполнено исследование подходов векторизации горизонталей горного рельефа на карте масштаба 1:200 000. Анализ результатов исследования показал, что при применении метода Кригинга шаг векторизации горизонталей может быть увеличен в 2-3 раза, а при создании 3D-макета горной территории достаточно выделить отдельные характерные элементы гор (вершина, основание вершины, подножье) и создать структурные линии. Созданные ЦМР и 3D-макет могут быть использованы для разработки и демонстрации туристского маршрута.

Ключевые слова: 3D-моделирование; цифровая модель рельефа; методы; способы; векторизация, исследование; методические указания.

V. Kalyuzhin¹, S. Ivanov¹, L. Kalyuzhina², Kaluzhin@mail.ru

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russia

²Technical Lyceum at Siberian State University of Geosystems and Technologies
Novosibirsk, Russia

3D MODELLING OF MOUNTAIN RELIEF BY RASTER MAP

The present work is devoted to the development of methodological guidelines for vectorisation of mountain relief displayed on raster maps. The study of approaches of vectorisation of mountain relief contours on the map of scale 1:200 000 has been carried out. The analysis of the research results has shown that when applying the Kriging method the step of horizon vectorisation can be increased 2-3 times, and when creating a 3D-model of a mountainous territory it is enough to select separate characteristic elements of mountains (summit, summit base, foothills) and create structural lines. The created DEM and 3D-model can be used to develop and demonstrate a tourist route.

Keywords: 3D modelling; digital elevation model; methods; techniques; methods; vectorisation, research; methodological guidelines

Как известно, трехмерные модели активно применяют в строительстве, архитектуре, в сельском хозяйстве, медицине, образовании, при осуществлении мониторинга и управления объектами, в том числе в туризме [4]. Моделирование трехмерных территорий выполняют на основании данных, полученных геодезическим, фотограмметрическим, дистанционным и картометрическим методами [5].

Основой 3D-моделирования территорий является создание цифровой модели рельефа (ЦМР) способами, где рельеф представляют в виде: структурных линий (изолиний с постоянным или переменным шагом); регулярной или нерегулярной сетки (матрицы). И завершается процесс моделирования интерполяцией и визуализацией рельефа. Интерполяцию выполняют одним из методов: Делоне; Кригинга; Шепарда; полиномиальное и кусочно-полиномиальное сглаживание [1, 2, 5]. Считают, что одной из проблем 3D-моделирования рельефа является поиск способа создания качественной поверхности территории по минимальному количеству рельефных точек [5].

Отмечают, что метод Кригинга позволяет сформировать качественную ЦМР даже тогда, когда низкая плотность исходных точек рельефа [5].

С развитием внутреннего туризма в России [3] активизировались исследования по созданию трехмерных туристских карт [2]. И самым бюджетным вариантом создания таких карт для турфирм является картометрический метод на основании векторных или растровых аналоговых карт.

Поэтому работа, посвященная 3D-моделированию рельефа и созданию 3D-макета территории по аналоговым растровым картам, является актуальной и своевременной.

Теоретические и методические основы 3D-моделирования территории, рельефа и объектов определены в трудах следующих зарубежных и российских ученых: Фоли Дж., Прэтт У., Leberl F., Gruber W., Фук Д.Ф., Сафин Р.Г., Нехин С.С., Аврутин В.Д., Берлянт А.М., Лишицкий Д.В. и другие. Проблематика в аспекте разработки технологии 3D-моделирования городской и горной территории раскрыта в работах следующих авторов: Хлебникова Т.А., Широкова Т.А., Комиссаров А.В., Елшина Т.Е. и Касьянова Е.А. и другие [1, 2, 5].

Вместе с тем, несмотря на имеющиеся успешные разработки в рассматриваемой научной и практической области, вопрос поиска оптимального способа векторизации рельефа при создании 3D-туристских карт и 3D-макета, проработан недостаточно полно.

Целью работы является разработка методических указаний при создании ЦМР и 3D-макета территории туристской зоны или инфраструктуры по аналоговым растровым картам.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- анализ методики создания ЦМР в геоинформационной системе Surfer;
- разработка компьютерной технологии 3D-моделирования с помощью геоинформационных систем MapInfo и Surfer;
- исследование способов векторизации горного рельефа по растровой карте;
- разработаны рекомендации по способу векторизации горного рельефа в зависимости от назначения ЦМР.

В качестве объекта исследования была выбрана карта масштаба 1:200 000 на территорию села Малая Сыя, Ширинский район, Республики Хакасия, так как в окрестности его имеются порядка срока пещер, а в самом селе организован ряд туристских баз и имеется база спелеологического клуба.

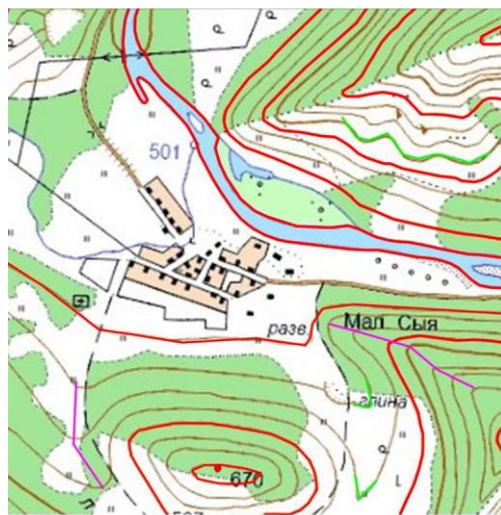
Предметом исследования является разработка методических указаний по векторизации горного рельефа при создании ЦМР и 3D-макета.

Методами исследования являлись Кригинг, сравнительный, статистический и картометрический.

В эксперименте векторизация выполнялась в геоинформационной системе MapInfo с помощью команды «Символ» и «Полилиния». Для построения ЦМР полилинии преобразовывались в символы (точки).

Вначале была создана базовая (эталонная) модель путем векторизации всех горизонталей с высокой степенью плотности. Общее количество рельефных точек составило 3148. Затем были созданы четыре варианта моделей, которые формировались путем исключения горизонталей, начиная со второй горизонтали после основания вершины. Сначала удалялась одна, затем две-три и три горизонтали. Следовательно, в первом варианте модели векторизация выполнялась с шагом 40 м, во втором – 40-60 м, в четвертой модели – 60 м. Векторизация рельефа в пятом варианте модели осуществлялась в следующем порядке (рис.):

- вершины гор;
- основание вершины, т.е. первую горизонталь после вершины горы;
- подножье горы;
- создание структурных линий по характерным местам рельефа и формам: седловина, лощина, тальвеги, обрывы, промоины.



- – вершина; — – структурная линия;
— – горизонталь; — – характерные элементы.

Рис. Фрагмент векторизации рельефа в пятой модели

Оценка подходов векторизации выполнялась путем сопоставления трех координат сетки, полученной в базовой модели с соответствующим вариантом модели. Общее количество узлов сетки составило 7000. По отклонениям рассчитали средние квадратические погрешности абсцисс (m_x), ординат (m_y) и отметки (m_H) (табл.).

Таблица

Результаты исследования

№	Кол-во рельеф. точек	Средняя квадратическая погрешность, м				$\frac{m_H}{h}, \%$	$\frac{m_H}{0,4M_H}$
		X	Y	H	R		
1	2401	0.3	0.6	2.4	0.7	12	0.30
2	1941	0.3	0.6	2.4	0.7	12	0.30
3	1482	0.4	0.8	5.8	0.9	29	0.73
4	1199	0.4	0.8	8.8	0.9	44	1.11
5	1085	0.4	0.8	8.6	0.9	43	1.07

Примечание h – высота сечения рельефа, 20 м.

Среднюю квадратическую погрешность планового положения модели m_R определяли по формуле:

$$m_R = \sqrt{m_x^2 + m_y^2}.$$

Из таблицы следует, что средняя квадратическая погрешность планового положения ЦМР по отношению к базовой модели находится в пределах 5 % от точности масштаба карты 1:200 000.

В первой и второй модели средняя квадратическая погрешность не превышает 12 % от высоты сечения рельефа, т.е. при разреженной векторизации горизонталей с шагом 40-60 м не приведет к существенному снижению качества 3D-модели поверхности. При этом объем работы уменьшается на 30 и 60 %.

Дальнейшее разрежение рельефных точек приводит к существенному снижению качества 3D-модели поверхности. И эти варианты могут быть использованы при создании 3D-макета территории.

В нашем случае диаметр сопла составил 0,4 мм, а масштаб высоты был задан 1:20 000. Следовательно, за предельную допустимую погрешность 3D-макета можно принять 8,0 м.

Отношение средней квадратической погрешности отметки относительно базовой модели к предельно допустимой погрешности 3D-модели наглядно показывает, что в пятом варианте эта погрешность не превысит 7 %. Здесь следует отметить, что объем векторизации в этой модели в 2,9 раза меньше, чем в базовой.

Анализ результатов исследования показал, что метод Кригинга позволяет реализовать разреженную схему векторизации с шагом равным (2-3) h . При создании 3D-макета горной местности необходимо выполнять с учетом диаметра сопла 3D-принтера и масштаба отметок. Замена векторизации горизонталей на структурные линии целесообразно только при создании макета территории.

Таким образом, разработанные методические указания по векторизации горного рельефа позволяют обеспечить необходимое и достаточное качество ЦМР и 3D-макета рельефа.

Практическая значимость заключается в том, что разработанные методические указания позволяют сократить объем векторизации горизонталей в 1,3 – 3 раза. Созданные ЦМР и 3D-макет могут быть использованы для разработки и демонстрации туристского маршрута.

Библиографический список

1. Аманова А. К., Широкова Т. А., Комиссаров А. В. Разработка методики трехмерного моделирования объектов ситуации и рельефа городской территории по данным наземного лазерного сканирования г. Томска // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2010. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-metodiki-trehmernogo-modelirovaniya-obektov-situatsii-i-reliefa-gorodskoy-territorii-po-dannym-nazemnogo-lazernogo> (дата обращения: 12.04.2024). EDN: PFOITX
2. Елшина Т. Е., Кокорина И. П., Сысоев А. В. Создание и использование 3D-модели горного рельефа для геоинформационного обеспечения туризма // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2021. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sozдание-i-ispolzovanie-3d-modeli-gornogo-reliefa-dlya-geoinformatsionnogo-obespecheniya-turizma> (дата обращения: 07.04.2024). DOI: 10.33764/2411-1759-2021-26-5-108-118 EDN: NGYKNR
3. Об утверждении Стратегии развития туризма в Российской Федерации на период до 2035 года. [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства РФ от 20.09.2019 № 2129-р (ред. от 23.11.2020). – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_333756/.
4. Усенков Д. Ю. 3D-технологии в сфере туризма / Д. Ю. Усенков // Научный вестник МГИИТ. – 2015. – № 5(37). – С. 45-55. EDN: UXVBEF
5. Хлебникова Т. А. Моделирование и пространственный анализ в ГИС. Цифровое моделирование трехмерных видеосцен [Текст]: учебно-метод. пособие. – Новосибирск: СГГА, 2014. – 61 с.

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ ПРОТЯЖЕННОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ РОССИИ В ПЕРИОД 1933–2020 ГГ.

В работе представлены результаты анализа протяжённости сети линий электропередач напряжением 220 кВ и выше для территории современной России. Собранные пространственно-временные данные на основе данных дистанционного зондирования очень высокого разрешения и разработанные инструменты позволяют получить новые знания относительно особенностей развития сети и использовать их при долгосрочном планировании развития инфраструктуры. Кроме того, разработанный инструмент позволяет по отдельности анализировать объединённые энергосистемы, а также региональные энергосистемы, что даёт возможность выявить пространственную неоднородность развития инфраструктуры.

Ключевые слова: данные дистанционного зондирования, объединённые энергосистемы, линии электропередач, эволюция сети

А.М. Karpachevskiy, karpach-am@yandex.ru

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

ANALYSIS OF RUSSIAN BACKBONE POWERGRID LENGTH CHANGES IN THE PERIOD 1933–2020

The paper presents the results of an analysis of the length of the network of power lines with a voltage of 220 kV and above for the territory of modern Russia. The collected spatiotemporal data based on very high-resolution remote sensing data and the developed tools allow us to gain new knowledge about the features of network development and use them in long-term planning of infrastructure development. In addition, the developed tool makes it possible to analyze the combined energy systems separately, as well as regional energy systems, which makes it possible to identify the spatial heterogeneity of infrastructure development.

Keywords: remote sensing data, integrated power systems, transmission lines, network evolution

Энергосистема России – одна из старейших подобного рода действующих инфраструктур в мире. Строительство в 1933 году первой линии электропередач 220 кВ положило начало формированию магистральных электрических сетей нашей страны. В мировом опыте представлено не так много работ, посвященных изучению развития электрических сетей, что связано в первую очередь с отсутствием исходных данных. На текущий момент общедоступные данные дистанционного зондирования очень высокого разрешения позволяют восполнить нехватку информации о сетевых объектах. Кроме того, рассекреченные данные спутников видовой разведки Keyhole так же помогают восстановить историю развития сети во второй половине XX века.

Актуальность изучения пространственно-временного развития электрических сетей имеет как фундаментальную, так и прикладную составляющую. С точки зрения географической науки интересно рассмотреть энергосистему как сложную сетевую структуру со своими закономерностями развития. С точки зрения прикладного применения эта информация полезна для реальной оценки состояния сетей (их возраста), поскольку существующие документы во многом некорректно приводят годы строительства линий электропередач из-за метахронности их развития [1]. Кроме того, временные закономерности развития простран-

ственной структуры позволит прогнозировать уязвимые участки сети, требующие дополнительных усилий по развитию.

Для создания пространственно-временной базы данных использовались различные методы. Прежде всего это анализ данных дистанционного зондирования, в том числе по архивным космическим снимкам Keyhole за 1960-80-е годы, а также архивные документы, карты и схемы. База данных организована таким образом, чтоб с помощью запросов можно было извлечь полную информацию о геометрии сети за каждый год изучаемого периода. Для автоматизированного анализа изменений сети в контексте топоморфологических отношений (например, строительство или демонтаж воздушной линии, строительство заходов от существующей линии на новую подстанцию, строительство ответвлений (отпаек) и т.д.) необходимо для каждого элементарного участка отследить состояние, начиная с прошлого года.

Исследование изменений морфологии сети проводилось на уровне региональных энергосистем и объединённых энергосистем (ОЭС). В большинстве случаев региональные энергосистемы соответствуют административному делению страны. Есть несколько исключений: московская энергосистема включает московскую область и город Москву, Крымская энергосистема включает республику Крым и город Севастополь, Ленинградская энергосистема включает Ленинградскую область и город Санкт-Петербург, Красноярская энергосистема включает республику Тыву, Краснодарский край включает республику Адыгею, а Хабаровская – Еврейскую автономную область. Помимо собственно региональных энергосистем есть еще технически изолированные территориальные энергосистемы (ТИТЭС), где представлены сети 220 кВ: Норильская, Варандейская, Сахалинская, Магаданская и Камчатская.

В рамках исследования был подготовлен скрипт на языке программирования Python с использованием библиотеки ArcPy, который позволяет выявлять изменяющиеся участки сети. В целом, все изменения можно разделить на строительство новых участков и демонтаж существующих. Строительство и демонтаж могут быть как сами по себе, так и совместно в рамках, например, реконструкций участков линий, строительства заходов на новые подстанции и электростанции. Именно этим объясняется сложность развития сети и неоднозначность в определении возрастов линий, которые могут состоять из нескольких участков. Анализ морфологических изменений даёт возможность по-новому взглянуть на пространственно-временную дифференциацию территориальных энергосистем.

Результаты работы скрипта показаны на рисунке. График показывает суммарную протяжённость линий электропередач, которая добавляется (оттенки зеленого) или убавляется (оттенки красного) за пятилетний этап развития. Среди типов изменений выделяются те, которые сопровождают разрезы, реконструкции и изменения трассировки.

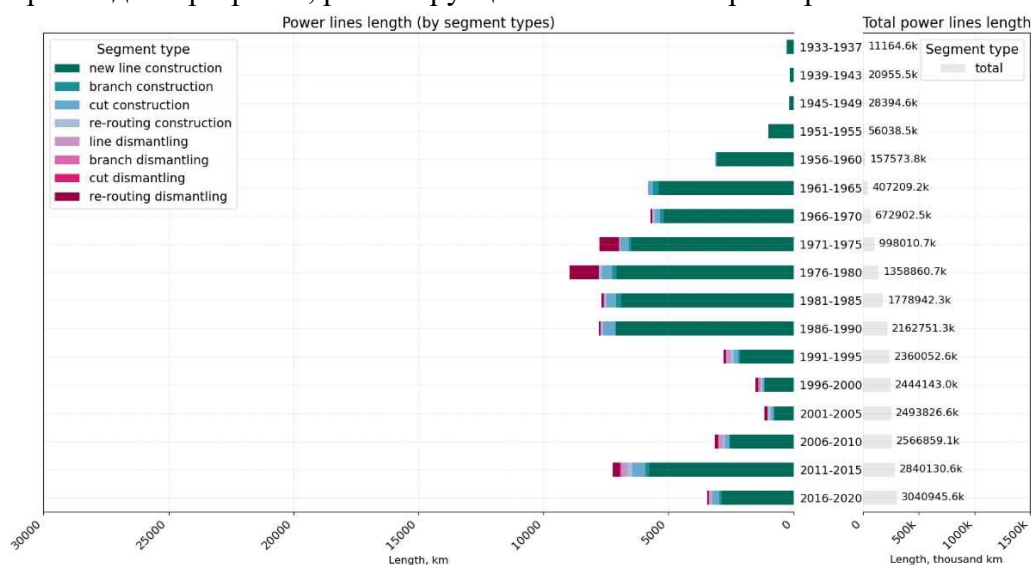


Рис. Изменения в протяжённости магистральных электрических сетей России

Можно заметить, что пик как прироста, так и демонтажа (связанного, в основном, с перетрассировкой) приходится на 1970-е годы. Второй пик приходится на начало 2010-х годов. Минимальный прирост соответствует началу 2000-х. В целом, эти тренды прослеживаются и для отдельных объединённых энергосистем, хотя у них есть и свои отличия. Например, ОЭС Юга меняется гораздо более равномерно, чем все остальные ОЭС, а в ОЭС Урала пик смещён на 1980-е годы.

Таким образом, в рамках исследования была собрана уникальная база пространственно-временных данных и разработан инструмент для анализа морфологических изменений магистральных электрических сетей России.

Работа выполнена в рамках проекта «Развитие методов и технологий картографии, геоинформатики и аэрокосмического зондирования в исследованиях природы и общества (ГЗ)», номер ЦИТИС 121051400061-9.

Библиографический список

1. Karpachevskiy A. M., Titov G. S. Possibilities of using official data in spatio-temporal modeling of main electrical networks // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023. – Vol. 1154. – P. 012052. DOI: 10.1088/1755-1315/1154/1/012051 EDN: DEVLSA

АНАЛИЗ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГОРОДОВ ДЛЯ РАЗВИТИЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ВЕЛОДВИЖЕНИЯ

В статье представлены обзор некоторых направлений картографирования городов и тенденции в развивающемся на протяжении многих лет картографировании велотранспорта. Актуальность работы обоснована ростом объемов научной информации о развитии городских территорий, необходимостью интеграции данных на картах и определения тенденций в современном изображении города и его составных частей. Полученные знания позволят определить конкретное содержание для будущих карт городских территорий.

Ключевые слова: атласы городов; велотранспортная инфраструктура; крупномасштабное картографирование; обзор тематических карт

D. A. Kornilov, E. A. Prokhorova, korniloff.dania@mail.ru

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

ANALYSIS OF CITY MAP COVERAGE FOR CYCLING MAPPING DEVELOPMENT

The article provides an overview of some directions of urban mapping and trends in cycling mapping that has been developing over the years. The relevance of the article is justified by the growth in the volume of scientific information on the development of urban areas, the need to integrate data on maps and determine trends in the modern image of the city and its components. The knowledge gained will allow us to determine the specific content for future maps of urban areas.

Keywords: city atlases, cycling infrastructure; large-scale mapping, review of thematic maps

Развитие городских систем является непрекращающимся процессом, который наиболее активен в XIX–XXI вв. Внутреннее развитие города заключается в преобразовании уже существующей среды, а внешнее — в изъятии территории, занятой условно-природными ландшафтами, в пользу его строительства. Основные картографические изображения, используемые при планировании урбанизированных территорий, — это планы и крупномасштабные общегеографические, социально-экономические карты, карты природы. Комплексирование и синтез таких произведений составляет основу атласного картографирования городов. При этом крупномасштабное тематическое картографирование города, которое чаще всего соответствует интересам планирования, распространено незначительно. Намного больше было выпущено региональных атласов, особенно научными коллективами СССР [7], где иногда были представлены и карты городских территорий. Современный этап развития территорий, которым присущи высокие темпы миграции населения в города, требует, как нам кажется, создания более подробных комплексных географических атласов городов. Особенно важным представляется картографическое сопровождение новых отраслей экономики городов, например, велосипедного транспорта и инфраструктуры для него. Совместно с электросамокатами эти средства передвижения обеспечивают микромобильность горожан, а следовательно, экономическую и временную доступность населённых пунктов.

Необходимость работы, которая бы предоставила хороший обзор атласного картографирования городов, обоснована ростом объемов научной информации о развитии городских территорий, необходимостью интеграции данных на картах и определения тенденций в современном изображении города и его составных частей.

Исходя из этого, цель текущего исследования — анализ развития атласного картографирования городов на основе изучения отечественных и зарубежных произведений XVIII —

XXI вв. На данном этапе нами рассмотрены только работы, выполненные в традиционном (бумажном) формате. Картографирование городов осуществляется по различным направлениям: физико-географическое, социальное, экологическое; картографирование планировочной структуры, исторического развития и расселения населения. Единицей картографирования может быть как город в целом, так и отдельные его кварталы, районы [6]. Масштаб картографирования зависит от размеров города и чаще всего варьируется от 1:25 000 до 1:100 000.

Общегеографические атласы

До середины XIX века в атласах сохранялось общегеографическое содержание, лишь изредка показывалось положение дома и информация о его владельце. Атласы, как правило, были составлены из крупномасштабных карт с идентичным художественным оформлением, при этом размеры фрагментов одинаковы. Такая технология создания атласов городов используется и в настоящее время. В конце XIX – начале XX вв. увеличивается красочность оттисков, появляется возможность использования большего количества условных знаков для показа дорог и улиц, объектов гидрографии, рельефа, материала домов [11].

Современные аналогичные атласы-планы упростились, они издаются в виде буклетов, книжек. Отмечаются маршруты общественного транспорта, станции метро, туристические объекты. Вместо справочной информации о городе в атласе могут приводиться рекламные объявления. Транспорт показан обзорно в виде улично-дорожной сети и схем городского транспорта. Велосипедный же транспорт в таких атласах практически не встречается.

Подобные атласы являются основой для туристских атласов, в которых особое внимание уделяется текстовым описаниям достопримечательностей, фотографиям или рисункам. На картах туристских атласов дополнительно указываются точки притяжения для путешественников и туристические маршруты, адаптированные под некоторые виды транспорта. Масштабы колеблются в пределах 1:25 000 – 1:50 000.

Социально-экономические атласы

Начало тематическому социально-экономическому картографированию положили «статистические» атласы городов. В атласе Парижа XIX века, одном из наиболее полных и разносторонних по тематике для того времени, были показаны характеристики транспорта, социальной сферы, населения, промышленности, торговли, туризма [14], в дальнейшем такие карты использовались повсеместно, но со значительно меньшим набором тематических карт [8]. В атласе Парижа, 1889 г. [14] авторы одними из первых анализируют транспорт, на картах отражены интенсивность пассажироперевозок на общественном транспорте, грузопотоки по магистралям, проходящим через город. В аналогичных атласах транспорт показан как улично-дорожная сеть, маршруты общественного транспорта. В 1967-1968 гг. изданы два крупнейших социально-экономических атласа города: «Атлас Парижа и Парижского региона», 1967 г. [12] и «Атлас Лондона и Лондонского региона», 1968 г. [16]. Оба произведения можно считать комплексными социально-экономическими.

Карты атласов, начиная с 1960-х гг., используют разнообразные способы изображения: помимо значков, линейных знаков и картодиаграмм используются качественный фон, знаки движения, изолинии с послойной окраской, ареалы, значки, кроме того, составляются абстрактные схемы в виде графов. Все эти способы применялись в различных сочетаниях, как в атласе Парижа, а иногда предпочтение было отдано какому-то одному способу, как в атласе Лондона, где большое количество карт составлены способом картограмм и картодиаграмм по регулярной сетке, при этом количество отображаемых явлений в этой единице картографирования достигало 4 – 5. Транспортные карты в атласах показывали доступность районов городов и важных транспортных объектов, загруженность не только городских улиц и шоссе, но и общественного транспорта.

Современные атласы социально-экономической направленности [13; 17] могут включать наряду с классическими картами и инфографику. Большинство разделов посвящены населению, истории формирования города, транспорту и перемещению жителей города. Методы математической формализации данных в таких атласах также разнообразны. Исполь-

зуются карты с классическими способами изображения (картограммы, картодиаграммы, линейные знаки), в атласах встречаются схематические изображения (чаще всего транспортных линий), регулярно-ячеистые модели. Последними часто злоупотребляют, оставляя карты без географической основы и указания масштаба, что для карты недопустимо. Тем не менее, большая часть изученных атласов логично структурированы, имеют единую математическую основу, согласованность картографических изображений. В связи с изменением направления развития общественного транспорта в городах в некоторых современных атласах появляются разделы, посвящённые пешеходной и велосипедной доступности городского пространства: карты доступности инфраструктуры, безопасности на дорогах.

Физико-географические атласы

Создание тематических атласов городов природной направленности сопряжено с обширными изыскательскими работами (геологическое бурение, нивелирные работы, геоботанические описания), в связи с чем, количество подобных отраслевых атласов городов невелико. К концу XX–началу XXI века разработаны комплексные природные атласы экологической направленности [18], где особое внимание уделяется последствиям антропогенного воздействия на природные среды города, которые и так значительно трансформированы в процессе развития инфраструктуры. Среди направлений картографирования выделяются климатические атласы, инженерно-геологические, загрязнения атмосферы, гидросферы, почв, атласы оценки ПДК [4], природоохранных мероприятий [3].

Комплексные тематические атласы

Комбинация физико-географической и социально-экономической тематик позволяет создавать комплексные атласы городов. В таких работах город рассматривается всесторонне – описание природы сочетается с картами общества, промышленности, туризма. Отечественными картографами в XX веке были издан ряд атласов, таких как «Историко-географический атлас Ленинграда», 1981 г. [5] и «Атлас Ташкента», 1984 г. [9], в XXI в. – «Историко-географический атлас Хабаровска», 2008 г. [10], «Атлас развития Иркутска», 2011 г. [1]. Эти произведения по своей структуре близки к комплексным атласам отдельных регионов и стран, таким, как, например, комплексный атлас Алтайского края, 1980 г. В современных атласах подробно показывается история развития города, проблемы демографии, социального обслуживания. Особенно большое значение истории города отведено в историко-географических атласах. Карты здравоохранения, образования, культуры часто ограничиваются отображением положения больниц, школ, музеев и других учреждений. Карты транспортного обслуживания показывают лишь улично-дорожную сеть (с планами развития), дают схему городского транспорта. Особенно ярко такая диспропорция наблюдается в Большом атласе Москвы, 2013 г. [2]. Соотношение исторического раздела и транспортных карт в разделе «Градостроительство» — примерно 47 к 1. По сути, такие атласы выполняют роль энциклопедии с богатым текстовым наполнением, графиками, диаграммами, фотографиями, дающей всеобщий обзор городской среды, однако освещение различных сторон жизни города, как правило, неравнозначно.

Очевидно, что представление темы транспорта на картах и в атласах городов недостаточно изучено, в то же время ясно, что количество картографируемых показателей недостаточно. Это связано как с недостатком данных и сложностью непосредственных измерений движущихся объектов и обобщением этой информации, так и с наличием большого количества данных, являющихся коммерческой тайной. Следовательно, для создания узкоотраслевых карт в атласах требуются значительные усилия по поиску сведений.

Карты велосипедного транспорта

Начиная с XIX века на картах начинают показывать дорожную сеть и маршруты велосипедного транспорта. Эти изображения использовались как для навигации по существующим объектам, так и для строительства улично-дорожной сети. Довольно часто на картах отображались показатели пригодности улиц к движению велосипедистов.

В ходе развития велоинфраструктуры потребовалось отображение различных типов велодорожек. В XX и XXI вв. на картах увеличилось количество графических переменных.

Такие карты позволяли самостоятельно оценить безопасность поездки, но только по одному-двум факторам, например, качеству инфраструктуры.

Наиболее популярными сейчас картами являются те, которые отражают геометрию велосипедной инфраструктуры [15], они входят в некоторые общегеографические произведения. Также встречаются тематические карты, которые содержат сведения о велотранспорте как о средообразующей отрасли города. На них показаны доступность, плотность, другие характеристики велотранспорта и взаимодействие его с городской средой.

В начале XXI века меняется изображение транспортной сети на картах крупных городов, в том числе и велотранспортной инфраструктуры. Помимо изображения существующих велодорожек и велополос появляются показатели безопасности и удобства движения на велосипедах. Карты отражают информацию о скоростном режиме дороги, количестве полос, наличии тротуаров, обособленных участках улиц, светофорном регулировании [19]. На таких картах появляются важнейшие точки притяжения: университеты, магазины, офисные центры.

Составляются также схемы качества инфраструктуры, стилизованные под карты. На них участки улиц классифицируются по показателям безопасности (скорость автомобилей и загруженность дорог, наличие инфраструктуры). Такие схемы отличаются высокой степенью генерализации объектов, но при этом соблюдается топологическое соответствие фрагментов сети.

В современных атласах городов чаще всего представлены планы и транспортные схемы, а социально-экономические атласы выпускаются гораздо реже, что связано с высокой трудоёмкостью работ. В атласах последних лет увеличивается доля пояснительного текста и иллюстраций, все чаще применяется инфографика. В изданных атласах городов объём тематических карт часто весьма различен, ввиду специфики территории и доступности информационных ресурсов.

Несмотря на важнейшую роль транспорта в экономике города и стремительное развитие велотранспорта, его пространственный анализ с использованием картографического метода исследования практически не проводится, новые тематические карты в атласах городов не создаются, а улицы города на картах делятся, по сути, на две категории: «инфраструктура построена» и «инфраструктуры нет». В то же время подробность современных картографических изображений позволяет иногда дать оценку социально-экономическому состоянию городских систем, планировать их развитие.

Новая тематика в картографировании велотранспорта – это отображение доступности инфраструктуры и обеспечение ею населения, а также проходимость территории. Появляются и новые термины, например, такие как «велосипедная доступность» (bikeability), аналогичные пешеходной доступности.

Глубокий анализ картографического обеспечения городов и комплексных тематических атласов городских территорий может вывести картографирование городских пространств на новый уровень изучения. Собранные нами данные как результат исследования позволяют ориентироваться в новых направлениях и технологиях в области городского картографирования. Так, смена акцентов в изображении городского общественного транспорта и выявленные пробелы в изображении на картах велоинфраструктуры позволят определить конкретное содержание для будущих карт городских территорий.

Библиографический список

1. Атлас развития Иркутска / ИГ им. В. Б. Сочавы СО РАН, Иркутское обл. отд. РГО; отв. ред.: Батуев А. Р., Корытный Л. М. [М-бы разные]. Иркутск Ин-т географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2011. 131 с.
2. Большой атлас Москвы / МГУ им. М. В. Ломоносова; науч. рук. Касимов Н. С., Тикунов В. С. [М-бы разные]. Москва: Феория, 2013. 1 атл. (999 с.).

3. Зибарев А. Г. и др. Экологический атлас, ТерКСООС, экоаудит территории и рекомендации к действию для мэра города Тольятти // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. №1-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskii-atlas-terksoos-ekoaudit-territorii-i-rekomendatsii-k-deystviyu-dlya-mera-goroda-tolyatti> (дата обращения: 28.07.2024). EDN: PDBWOT
4. Касимов Н. С., Тикунов В. С., Котова Т. В. Атласная изученность экологического состояния территории России // Украинский географічний журнал. 2013. № 1. С. 53-59.
5. Ленинград. Историко-географический атлас / редкол.: Разумихин Н. В. [и др.]; сост. и подгот. к печати ф-кой №2 ГУГК; ст. ред. Г.И. Гулюк. [М-бы разные]. Москва: ГУГК, 1981. 1 атл. (119 с.).
6. Мазурова Е. М. и др. Способы изображения городских систем // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2005. № 1. С. 98-103. EDN: VGCRZX
7. Салищев К. А. Атлас географический / Большая советская энциклопедия. URL: <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/080/075.htm> (дата обращения 16.07.2024).
8. Статистический атлас города Москвы. Территория, состав населения, грамотность и занятия / сост. Стат. отд. Моск. Гор. Управы. Москва, 1911. IV, 66 стб. текста; 36 л.
9. Ташкент. Географический атлас / сост. и подгот. к печати ф-кой № 7 ГУГК; отв. ред. Е. В. Крамская. [М-бы разные]. Москва: ГУГК, 1984. 61 с.
10. Хабаровск, 150 лет. Историко-географический атлас города / гл. ред. Гайфулина Т. Н. [М-бы разные]. Хабаровск: ДВ АГП, 2008. 1 атл. (160 с.).
11. Цылов Н. И. Атлас города Царского Села, с планами города и императорских садов и парков. М-б 1:1250. Царское село: Тип. при Ц.-С. полиции, 1858. 1 атл (82 карты).
12. Atlas de Paris et de la Région Parisienne = Париж, атлас. / Association Universitaire de Recherches Geographiques et Cartographiques. [М-бы разные]. Париж: Editions Berger-Levrault, 1967. 1 атлас (85 с.).
13. Atlas of Amsterdam = Амстердам, атлас / texts by: drs. E. Beukers [et al.]; editorial team manager: Amanda Possel; translation [from the Dutch]: ННСЕ. [М-бы разные]. Groningen: Noordhoff atlas productions, cop. 2016. 1 атл. (272 с.).
14. Bertillon J. Atlas de statistique graphique de la ville de Paris: I-II: Année 1888 = Париж, атлас. 1:25000, [ок. 1:75000]. Париж: G. Masson, 1889. 1 атлас (22 карты, франц.). URL: https://davidrumsey.com/luna/servlet/view/search?q=pub_list_no=%2213101.000%22&sort=pub_list_no_initialsort,pub_date,pub_date,pub_list_no (дата обращения 04.05.2024).
15. Interactieve kaarten / Gemeente Amsterdam. Мультимасштабные. Амстердам. URL: <https://maps.amsterdam.nl/> (дата обращения 04.04.2024): нидер.
16. Jones E., Sinclair D. J. Atlas of London and the London Region = Лондон, атлас. [М-бы разные]. Oxford: Pergamon Press, 1968. 1 атл. (70 сдв. л.).
17. Simpson D. et.al. Atlas of the Copenhagens = Копенгаген, атлас. [М-бы разные]. Berlin: Ruby press, cop. 2018. 480 p.
18. Umweltatlas Berlin: in 2 Bd. / Hrsg. Der Senator für Städtenwicklung und Umweltschutz = Западный Берлин, атлас. 1:50000, 1:125000. Berlin: Kulturbuchverl., 1986-1987. 2 т.
19. Wessel N., Widener M. Rethinking the Urban Bike Map for the 21st Century // Cartographic Perspectives. 2015. N 81. С. 6-22. DOI: 10.14714/CP81.1243

А.В. Мозгин¹, М.М. Мозгина², masha_tiunova@bk.ru¹ПРОИНФОСЕРВИС, г. Пермь, Россия²Центр Дистанционного Зондирования, г. Пермь, Россия

РАЗРАБОТКА ОНЛАЙН-КАРТОГРАФИЧЕСКОГО СЕРВИСА «КРУПНЫЕ НАВОДНЕНИЯ В РОССИИ В XXI ВЕКЕ»

По данным Национального центра водных проблем среднестатистическая общая площадь затопляемых территорий в России достигает 400 тыс. км², из которых до 50 тыс. км² переживают ежегодное критическое понятие уровня воды. Отсутствие отечественных открытых сервисов и баз данных по наводнениям для территории России обусловило разработку сервиса, который позволяет анализировать исторические тематические данные и выявлять тенденции, связанные с крупными наводнениями, а также проводить оценку рисков для определения наиболее уязвимых районов для эффективного планирования размещения различных инфраструктур. В работе применялись технологии веб-картографирования на основе структурированных данных из источника Интернет. сервис станет ценным ресурсом для научных исследований в области гидрологии, климатологии, географии и других дисциплин.

Ключевые слова: картографический сервис; база данных; наводнения

A. Mozgin¹, M. Mozgina², masha_tiunova@bk.ru¹PROINFOSERVIS, Perm, Russia²Remote Sensing Center, Perm, Russia

DEVELOPMENT OF AN ONLINE MAPPING SERVICE «MAJOR FLOODS IN RUSSIA IN THE XXI CENTURY»

According to the National Center for Water Problems, the average total area of flooded territories in Russia reaches 400 000 km², of which up to 50 000 km² experience annual critical water levels. The lack of domestic open services and databases on floods for the territory of Russia has led to the development of a service that allows analyzing historical thematic data and identifying trends associated with major floods, as well as risk assessment to identify the most vulnerable areas for effective planning of the location of various infrastructures. Web mapping technologies based on structured data from the Internet source were applied in this work. The resulting service will become a valuable resource for scientific research in hydrology, climatology, geography and other disciplines.

Keywords: cartographic service; database; floods

Введение. Россия является одной из стран с наибольшим показателем обеспеченности водными ресурсами, на территории которой сосредоточено более 20% запасов пресных вод мира. Несмотря на очевидные преимущества такого положения, существует и негативные последствия водного благосостояния страны – внушительный масштаб наносимого ущерба при затоплении городских, сельских и сельскохозяйственных территорий [4]. В настоящее время, для эффективного планирования размещения различных инфраструктур необходимо анализировать исторические тематические данные и выявлять тенденции, связанные с крупными наводнениями, а также проводить оценку рисков для определения наиболее уязвимых районов, веб-ГИС технологии широко используются для исследования опасных гидрометеорологических явлений и их последствий [5]. Например, European Severe Weather Database (ESWD), EM-DAT, WaterWatch, National Weather Service, USDF (United States Flood Database), «ГИС Амур», Global Flood Database. Однако, несмотря на активное внедрение веб-ГИС

технологий в различные сферы деятельности человека, для территории России отсутствует открытый сервис и база данных по крупным наводнениям.

Таким образом, основной целью работы является разработка онлайн-картографического сервиса "Крупные наводнения в России в XXI веке". Основное внимание было сосредоточено на наводнениях природного происхождения, которые возникают в результате процессов снеготаяния, ливневых осадков, ледяных заторов и т. п., которые в том числе могли повлечь за собой усугубление развития наводнения по причине нарушения целостности и функционирования технических систем различного уровня сложности (например дамбы, плотины, ГЭС).

Материалы и методы. На первом этапе была определена концепция модели данных и структура картографической базы данных крупных наводнений на территории России в XXI веке – реляционная. Идентифицированы первичные ключи и типы связей между элементами таблиц. С помощью методов поиска данных, описательной статистики; систематизации данных; анализа временных рядов и визуализации происходило наполнение сведениями базы данных (рис. 1).

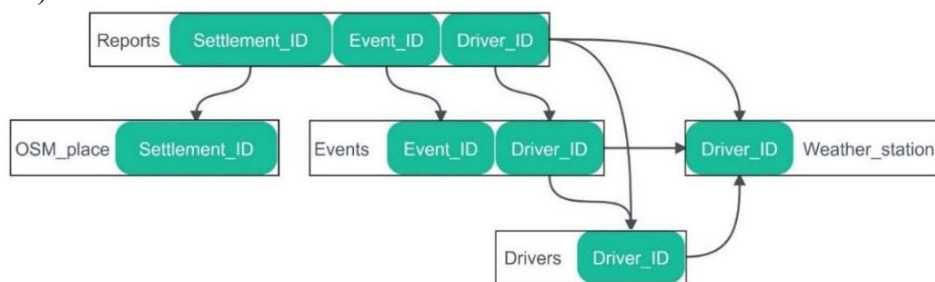


Рис. 1. Схема структуры связей реляционной базы данных наводнений

Полученные данные о разрушительных наводнениях, хранящиеся в базе данных, описывают следующие характеристики: местоположение, ущерб, погодные условия, информация об использованных источниках и иные характеристики наводнения. Также стоит обратить внимание и на качество данных – этот фактор играет важную роль в обеспечении точности и надежности информации. Качество можно определялось следующими заданными параметрами: достоверность, полнота, точность, согласованность, единообразие.

Для интерпретации метеорологических условий предпаводкового периода для явлений дождевого генезиса, были использованы данные ERA5 hourly data on single levels from 1940 to present – реанализ пятого поколения глобального климата и погоды, произведенный в Европейском центре среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF). Данные по осадкам были загружены с источника Copernicus Climate Data Store (cds.climate.copernicus.eu) в формате GRIB с дальнейшим их преобразованием в GeoTIFF.

Наиболее значимыми источниками, использованными для заполнения базы данных, были обзоры ЧС в России по годам Акимова за 2003–2006 гг., обзор наводнений в России в начале XXI века Воробьева и др., 2002 г, а также монографии Разумова и др., 2018 и Государственные доклады «О состоянии защиты населения и территории РФ от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» за 2009– 2022 гг. [1, 2, 3].

Второй этап создания веб-картографического сервиса заключался в определении технологий и ПО, которые станут составными частями системы, а также разработка структуры системы. На данном этапе была принята структура системы, состоящая из сервера базы данных, сервера пространственных данных, а также клиентского приложения. Выбор технологий и ПО для каждого элемента происходил на основании нескольких факторов: стоимость, требования к техническому опыту для эффективного использования, результативное применение в решении схожих задач в других системах, а также документированность. Было принято решение об использовании открытого и свободно-распространяемого ПО, основанное на его преимуществах, описанных ранее, вследствие чего критерий стоимости не учитывался. Для большинства ПО и технологий требования к техническому опыту значительно снижаются ввиду значительного вклада сообществ разработчиков и пользователей, которые

предоставляют помощь в решении проблем, возникающих во время разработки, а также делятся опытом и публикуют примеры. Результативное применение в ряде систем, описанных ранее, выделяет ряд ПО и технологий, а также согласовывается с другими критериями. Документированность ПО и технологий определяет возможность разработчика в полной мере использовать их функционал, а также в значительной степени влияет на скорость разработки.

На основании этих критериев были определены ПО и технологии, использующиеся в системе: СУБД PostgreSQL с расширением PostGIS в качестве сервера базы данных, сервер пространственных данных GeoServer, клиентское приложение, состоящее из DOM (Document Object Model)-структуры документа разметки HTML (HyperText Markup Language), системы стилей CSS (Cascading Style Sheets), а также язык сценариев JavaScript с применением библиотеки OpenLayers. Фронтэнд веб-картографического сервиса – это приложение, с которым пользователь взаимодействует напрямую. Оно отображает данные на карте, позволяет пользователю взаимодействовать с этими данными, осуществлять поиск, фильтрацию, масштабирование и т. д.

Основные компоненты разрабатываемого пользовательского интерфейса включают в себя следующие элементы:

1. Карта – данный элемент отображает картографические подложки и пространственные данные в соответствии с назначенными ими стилями и динамически изменяется согласно с использованными пользователями элементами управления;
2. Инструменты управления картой: кнопки управления масштабом и экстендом, инструменты для картометрических измерений;
3. Всплывающее окно, которое появляется после выбора объекта на карте и отображает связанную с ним информацию;
4. Инструменты фильтрации данных, которые позволяют применить заданный пользователем по определенной форме фильтр к отображаемому слою, сформировав тем самым выборку.

Результаты. За период 2001–2023 гг. было изучено более 2000 источников и зафиксировано 52 разрушительных наводнения с 1080 случаями затопления населенных пунктов. Наиболее распространёнными по типу возникновения стали дождевые паводки, они составили 59% от всего количества. Они зафиксированы на территориях Южного, Сибирского и Дальневосточного федеральных округов.

На рис. 2 представлен вид появляющегося диалогового окна при выборе объекта сообщения.

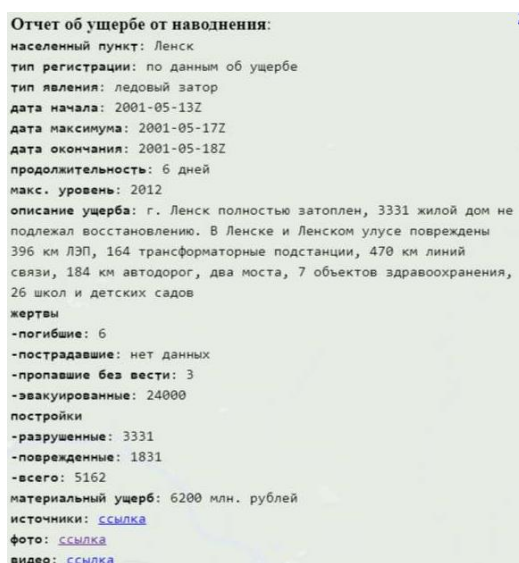


Рис. 2. Сообщения о наводнении на реке Алдан в 2001 г

В диалоговом окне характеристик наводнений, вызванных обильными осадками, представлена возможность перехода к метеорологическим характеристикам события (рис. 3).

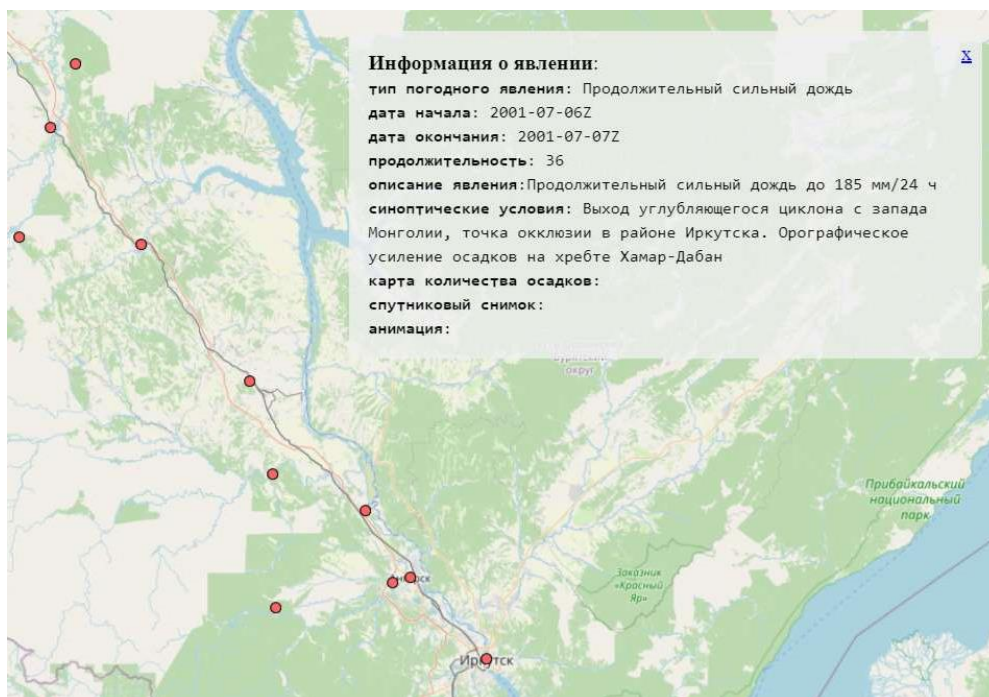


Рис. 3. Группа наводнений с общим генезисом и его характеристикой

Также одним из способов визуализации данных в разработанном сервисе является ряд графиков. Все графики формируются на основе статистического анализа выборки и динамически обновляются при применении фильтра.

Заключение. Таким образом, несмотря на достижение поставленной цели, в настоящее время существует ряд ограничений разработанного сервиса, связанных как с исходными данными, так и с функционалом инструментов. Преодоление выявленных ограничений станет основной целью развития сервиса и определит ряд задач, выполнение которых необходимо для всестороннего улучшения сервиса.

Используемые ПО: Microsoft Excel, ArcMap, QGIS, PostgreSQL, GeoServer.

Библиографический список

1. Акимов В. А., Соколов Ю. И. Наиболее крупные чрезвычайные ситуации в России и мире в 2003 году // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/naibolee-krupnye-chrezvychaynye-situatsii-v-rossii-i-v-mire-v-2003-godu/viewer> (дата обращения: 13.02.2024).
2. Воробьев Ю. Л., Акимов В. А., Соколов Ю. И. Катастрофические наводнения начала XXI века: уроки и выводы. М.: ООО "ДЭКС-ПРЕСС", 2003. 352 с. ISBN: 5-9517-0007-8 EDN: UCTFUX
3. Государственный доклад "О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2023 году". URL: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/7343> (дата обращения: 17.05.2024).
4. Постановление Правительства РФ от 19.04.2012 N 350 (ред. от 20.05.2020) "О федеральной целевой программе "Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах". URL: <http://npncvp.ru/Law/FCPvodohoz.pdf> (дата обращения: 04.04.2024).
5. Nasser Najibi, Naresh Devineni. Recent trends in the frequency and duration of global floods / Earth System Dynamics. URL: <https://esd.copernicus.org/articles/9/757/2018/> (дата обращения: 19.11.2023).

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ РОССИИ В ПЕРИОД 1933–2020 ГГ.

В статье разрабатывается методика оценки пространственной структуры магистральных электрических сетей и её изменений во времени на примере электросетей, расположенных на территории современной России в период 1933–2020 гг. Оценка производится на основании расчётов трёх показателей структуры сетей для региональных энергосистем на каждый год рассматриваемого периода. Полученные данные объединяются в одну пространственную характеристику структуры электросетей. Анализ и картографирование результатов производится по четырём реперным точкам развития.

Ключевые слова: электросеть, развитие сети, пространственная структура сети, геоинформационное моделирование

M. Lipovetskaya, A. Karpachevskiy, lipoveckayama@my.msu.ru
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

GEOINFORMATION MODELING OF CHANGES IN THE SPATIAL STRUCTURE OF THE MAIN POWER GRIDS OF RUSSIA IN THE PERIOD 1933–2020

The article develops a methodology for assessing the spatial structure of main power grids and its changes over time using the example of power grids located in modern Russia in the period 1933–2020. The assessment is made on the basis of calculations of three indicators of the structure of networks for regional power systems for each year of the period under consideration. The obtained data are combined into one spatial characterization of the power grid structure. The results are analyzed and mapped by four developmental reference points.

Keywords: power grid, network development, spatial structure of the grid, geoinformation modeling

Стабильность функционирования энергосистемы во многом зависит от стабильности функционирования электросетей. Магистральные электрические сети России, чьё напряжение составляет 220 кВ и выше, являются наиболее стратегически важными объектами. Работа сетей предопределяется их пространственной структурой, то есть взаимным пространственным расположением электрических станций (далее ЭС), подстанций (далее ПС) и линий электропередачи (далее ЛЭП), а также их характеристиками.

Современное состояние магистральных электросетей формировалось в течение длительного времени путём преобразования их пространственной структуры, начиная с 1933 г., когда была проложена первая ЛЭП напряжения 220 кВ. Комплексное изучение сетей от начала их развития позволяет выявить основные тренды изменения их пространственной структуры, что особенно актуально для прогнозирования дальнейшего развития. Актуальность также заключается в отсутствии исследований изменений сетей и универсальных подходов к картографированию.

Моделирование изменений пространственной структуры сетей производилось на основе базы данных «Пространственно-временное развитие магистральных электрических сетей России в период 1933–2020 гг.», которая содержит пространственно-временные данные о магистральных электросетях России, ЭС и ПС, объекты отпаяк, распределительные и пере-

ходные пункты. Каждый объект БД содержит атрибутивную информацию о периоде эксплуатации с точностью до года, а также напряжение ЛЭП и ПС.

Стабильное функционирование энергосистемы напрямую зависит от устойчивости электросетей, что в свою очередь связано со структурной уязвимостью. Следовательно, пространственно-временное развитие энергосистемы должно быть направлено на понижение уязвимости её электросети, что обуславливает необходимость анализа таких показателей пространственной структуры, по которым можно судить об изменении свойства уязвимости на разных этапах их развития. Первым таким показателем является взвешенная эффективность сети [1]:

$$E(G) = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i,j \in N, i \neq j} \frac{1}{d_{ij}^w}, \quad (1)$$

где G – электросеть, представляемая в виде графа, i и j – узлы графа, d_{ij}^w – взвешенное кратчайшее расстояние между этими узлами. Чем больше значение эффективности, тем меньше взвешенные кратчайшие расстояния между узлами, следовательно, элементы на этих путях являются менее уязвимыми, как и вся сеть.

Второй показатель, информационная центральность, характеризует однородность сети:

$$I = \frac{E(G) - E'(G)}{E(G)} = 1 - \frac{E'(G)}{E(G)}, \quad (2)$$

где $E(G)$ – исходная взвешенная эффективность сети, $E'(G)$ – взвешенная эффективность сети, рассчитанная без случайного узла и инцидентных рёбер. Показатель тем больше, чем меньше отношение эффективностей, которое в свою очередь тем меньше, чем меньше значение эффективности без одного узла, что обуславливается возрастанием кратчайших путей из-за отсутствия резервных способов снабжения. Следовательно, высокие значения информационной центральности говорят о неоднородности сети и её уязвимости.

В данном исследовании предлагается исключать из сети не случайный узел, а наиболее уязвимую подстанцию, которая определяется на основе расчёта индексов уязвимости SVI подстанций [2]:

$$SVI = \frac{P_{gj}}{P_{li}(Z_{ij})}, \quad (3)$$

где P_{li} – напряжение подстанции i , P_{gj} – напряжение электростанции j , Z_{ij} – кратчайшее расстояние между ними. Чем меньше значение индекса SVI подстанции, тем более она уязвима и наоборот.

Для всех рассмотренных показателей предлагается модификация расстояния между элементами сети в виде синтезированного показателя из трёх параметров ЛЭП: пропускной способности (максимальной силы тока), возраста и протяженности. Для параметров были определены их весовые коэффициенты на основе метода анализа, которые перемножаются на значения соответствующих параметров, далее значения суммируются и формируется вес линии. В исследовании магистральные электросети разбиваются на 69 региональных энергосистем, существующих на момент 2020 г., так как это позволяет учитывать региональные особенности сетей.

Моделирование изменений пространственной структуры производится в программном коде с использованием библиотеки *NetworkX*. В коде организуется цикл прохода по годам с 1933 по 2020, внутри которого в цикле по каждой из региональных энергосистем обрезаются импортированные линейные и точечные элементы сети на соответствующий год. Для электросетей каждой энергосистемы на каждый год рассчитываются индексы уязвимости подстанций, усредняемые далее для комплексной характеристики уязвимости энергосистемы, далее выявляется наиболее уязвимый узел, после чего рассчитывается общая эффективность сети и эффективность без этого узла и инцидентных рёбер, определяется информационная центральность.

Далее в исследовании определяются этапы развития магистральных электросетей (1933–1950, 1950–1969, 1969–1990, 1990–2009, 2009–2020 гг.), верхние границы которых являются реперными точками анализа данных об изменениях пространственной структуры.

Для комплексной оценки изменений структуры сетей необходимо объединить рассчитанные показатели в одну пространственную характеристику. Для этого была разработана матрица, в которой пересечение интервалов однородности и уязвимости отображает уровень развития пространственной структуры. Пересечение самых высоких значений индекса уязвимости и самых низких значений информационной центральности свидетельствует о наилучшем уровне развития пространственной структуры.

По результатам анализа реперных точек развития энергосистем (рис.) было выявлено, что их низкая эффективность, характерная для начального этапа развития в 1969 г., сильно возросла к 1990 г. Аналогичный рост характерен для показателя однородности электросетей. Развитие сетей к 1990 г. заключается в расширении покрытия ЛЭП, что выражается в отсутствии существенного изменения эффективности при выходе из строя уязвимой подстанции, т.е. длины кратчайших путей между узлами изменяются не существенно. Высокая уязвимость региональных энергосистем в 1969 г. сильно снижается по мере расширения электросетей к 1990 г., так как вводимые в эксплуатацию ЛЭП позволяют передавать электроэнергию поэтапно между подстанциями. Так, в 1969 г. электросети обладают низким уровнем развития их пространственной структуры, так как сети неоднородны. По мере модернизации энергосистем к 1990 г. возрастает уровень развития их пространственной структуры. Стоит отметить, что к 2009 г. значения рассматриваемых показателей практически не изменяются, к 2020 г. несущественно снижается уязвимость и возрастает однородность сетей, однако, в целом, большая часть территорий России по-прежнему находится в условиях топологической предрасположенности к авариям и обладает средним уровнем развития пространственной структуры электросетей.

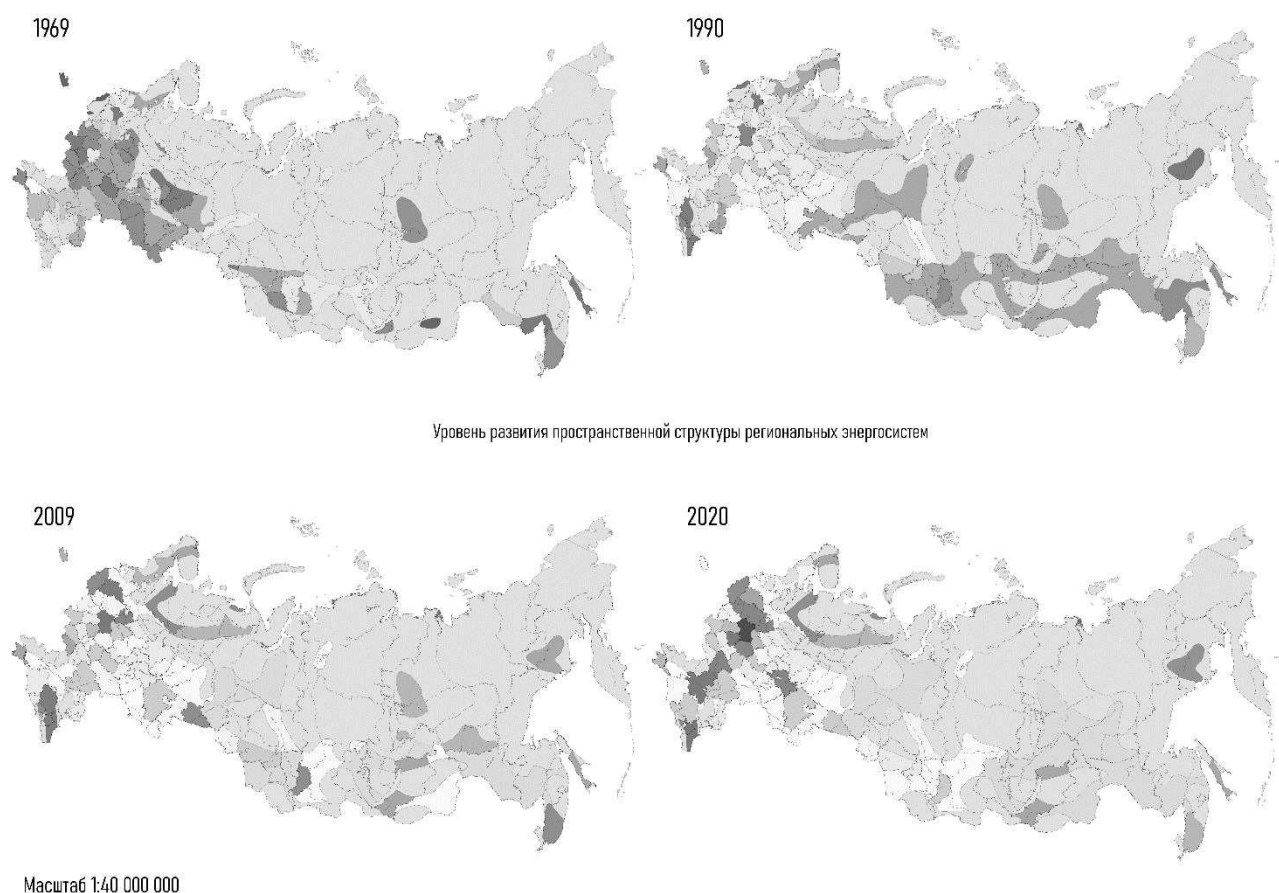


Рис. Синтетическая карта уровня развития пространственной структуры региональных энергосистем России на разных этапах

Разработанная в данном исследовании методика позволяет оценить изменения эффективности, однородности и уязвимости энергосистем России за 1933–2020 гг., а разработанный способ картографирования позволяет проанализировать реперные точки пространственно-временного развития электросетей. Созданная в ходе исследования синтетическая карта изменений структуры показала положительную динамику развития региональных магистральных электросетей в целом и неоднородный уровень их развития по стране, что говорит о необходимости их модернизации.

Работа выполнена в рамках проекта «Развитие методов и технологий картографии, геоинформатики и аэрокосмического зондирования в исследованиях природы и общества (ГЗ)», номер ЦИТИС 121051400061-9.

Библиографический список

1. Buzna L., Issacharoff L., Helbing D. The evolution of the topology of high-voltage electricity networks // Int. J. Crit. Infrastruct. 2009. Т. 5. № 1/2. С. 72. DOI: 10.1504/IJCIS.2009.022850
2. Liu C., Xu Q., Chen Z., Bak C. Vulnerability evaluation of power system integrated with large-scale distributed generation based on complex network theory // 2012 47th International Universities Power Engineering Conference (UPEC). Uxbridge, Middlesex, United Kingdom: IEEE, 2012. С. 1-5. DOI: 10.1109/UPEC.2012.6398605

Е.С. Перминова, perminova.eks@ya.ru
*Пермский государственный национальный исследовательский университет
г. Пермь, Россия*

КОМПЛЕКСНОЕ АТЛАСНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ГОРОДОВ: ОПЫТ НА ПРИМЕРЕ АТЛАСА ГОРОДА ПЕРМИ

В статье рассматриваются источники данных и характерные проблемы для атласного картографирования городов. Описан опыт создания Атласа города Перми, который может быть принят для многих других городов России.

Ключевые слова: атласное картографирование, атлас города, картографирование городов

E. Perminova, perminova.eks@ya.ru
Perm State University, Perm, Russia

COMPREHENSIVE ATLAS CITY MAPPING: EXPERIENCE ON THE EXAMPLE OF THE PERM CITY ATLAS

The article discusses the problems and data sources of atlas city mapping. The experience of creating The Perm city Atlas, which can be accepted for to many other cities of Russia.

Keywords: atlas mapping, city atlas, city mapping

Одним из направлений комплексного картографирования является комплексное атласное картографирование городов. Атласы городов могут быть востребованы в научном и образовательном процессе, культурно-просветительской деятельности, а также у краеведов и лиц, принимающих управленческие решения. Интерес к данной отрасли вызывает также высокий темп урбанизации и исследование форм и механизмов управления городом. Создание комплексных атласов городов повышает интерес ко всем отраслям жизни города.

Городское комплексное картографирование в России и в мире в целом развито не сильно. В России комплексные атласы с начала 2000-х годов были созданы на города: Москва [4], Хабаровск [5], Иркутск [2], Барнаул [3].

В атласном картографировании на уровне города выделяется ряд проблем, которые влияют на общую концепцию атласа. Первая проблема – выбор масштабного ряда. Город Пермь большой по площади (4-й в России), протяженный, планировка в основном линейная, вытянутая вдоль Камы, но с отдельными радиальными элементами (лучами) на левобережье вдоль основных автомобильных и железных дорог. Пермь – самый зеленый город-миллионник России [8]. Городские леса занимают почти половину – 47,5 % территории города, также 17 % площади города приходится на ООПТ. Городское ядро – относительно небольшое и компактное, остальные жилые микрорайоны рассредоточены по всей площади города, перемежаемые промышленными зонами, участками городских лесов, долинами малых рек. Поэтому устройство Перми заставляет сделать выбор в пользу ряда масштабов как для картографирования всей территории города, так и отдельно для городского центра.

Вторая проблема – выбор единиц картографирования. Эта проблема актуальна в основном для социально-экономических карт. Исходные данные для создания этих карт доступны либо по районам (демографические характеристики), либо на основе адресного реестра (объекты здравоохранения, образования, промышленные предприятия, организации сферы услуг и т.д.), на основе которых можно осуществлять расчеты по районам, микрорайонам, кварталам. Если картографировать тематические показатели по кварталам, требуется взять достаточно крупный масштаб, вследствие чего возникает необходимость разделения

картографируемой территории (крупной в случае города Перми) на отдельные группы карт. В таком случае объем и формат атласа будет слишком велик, что будет осложнять его использование, к тому же потеряется восприятие города в целом. Для таких целей существует другой инструмент представления информации – атласная информационная система (АИС), обеспечивающая возможность картографирования большой территории в крупном масштабе непрерывно. Исходя из вышеизложенного следует, что в классическом варианте атласа на территорию города Перми мы выбираем единицей картографирования внутригородские районы и микрорайоны.

Только после выбора единиц картографирования и анализа внутригородской планировки можно сделать выбор масштабного ряда и формата атласа. Для Перми был выбран формат А3, альбомная ориентация (по причине большей протяженности города с запада на восток чем с севера на юг) и три основных масштаба. Масштаб 1:150 000 принят для отображения всей территории города для карт природы, масштаб 1:125 000 принят для социально-экономических карт, масштаб 1:300 000 использован для карт климата и обзорных социально-экономических карт. Также в атласе представлен ряд карт более крупного масштаба (до 1:15 000) для отображения центральной части города, а также наиболее значимых ООПТ.

Картографирование и анализ данных о городе — сложный процесс, в котором можно столкнуться как с нехваткой данных, так и с противоречивой информацией из разных источников. Поэтому третья проблема – это получение данных.

Для создания картографической основы использованы данные Федерального фонда пространственных данных [7], топографическая карта Перми и окрестности Госгеоцентра масштаба 1:25 000, Информационной системы обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД) [6], открытые данные OpenStreetMap, космические снимки для актуализации дорожной сети и границ застройки. Для классификации дорог по значению – законодательно закреплённые перечни автомобильных дорог [1] и картографические материалы Системы контроля за формированием средств дорожных фондов Росавтодора [10].

Наибольшие сложности возникают с получением данных для картографирования социально-экономических характеристик. Если при проектировании атласа региона многие статистические данные, начиная от численности населения, заканчивая посевами различных сельскохозяйственных культур, по муниципальным образованиям можно получить на сайтах территориальных органов Росреестра и Росстата, то по территории города в открытом доступе имеются только некоторые данные в разрезе районов. Данные, привязанные к адресному реестру в большинстве случаев получить можно только по запросу в органах государственной власти Пермского края и местного самоуправления города Перми, а также по запросам в Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Пермскому краю (Пермьстат) [11]. Адресные реестры, полученные по запросам, зачастую впоследствии оказываются неполными, т. к. ведомствами ведётся только перечень государственных учреждений, тогда как существует еще большое количество частных организаций. Требуется время и ресурсы на проверку и дополнение таких реестров.

Из тематических данных можно выделить также материалы полевых обследований, в частности они были использованы для создания почвенной карты, карты растительности и картографических материалов для раздела, посвященного ООПТ.

Исторические карты и планы города Перми, многие из которых предоставлены Государственным архивом Пермского края, включены в раздел «История», а также использовались для анализа истории застройки города. Тематические карты как источник информации использовались для раздела «Почвы», «Растительность» и «Охрана природы».

Литературные источники зачастую имеются на все крупные города. Исторические справочники, справочники по административно-территориальному устройству, научные статьи по физической и социально-экономической географии города, видовое разнообразие животного мира, отчетные документы министерств. Электронные издания и справочники – сайт администрации города [9], базы данных юридических лиц, сайты экологических проектов и т.п.

Весь массив собранной информации по городу Перми позволил создать достаточно объемное произведение на 110 страницах с 60 картами. Ряд карт создан впервые, в частности карта истории застройки г. Перми, почвенная карта, карта природных комплексов и их трансформации, большинство социально-экономических карт и карты туризма.

Атлас города Перми имеет справочное, рекламно-презентационное назначение, содержит комплексную информацию о природе, истории, экономике, населении города. Способствует популяризации знаний о городе Перми. Атлас предназначен для широкого круга читателей, будет полезен для государственных и муниципальных служащих, работников проектно-изыскательских организаций, специалистов, работающих в сфере консалтинга и аналитики, туристических агентств, вузов, академических институтов и школ.

Атлас состоит из 14 разделов. Раздел «Общие сведения о городе» включает в себя «Физическую карту» и карту «Административно-территориальное деление», географическое положение, краткую характеристику территории Перми, его официальную символику.

Раздел «История» содержит хронологическую шкалу с фактами о жизни города, которые в наибольшей мере повлияли на облик и формирование Перми как территориальной единицы и распределения расселения населения внутри города. Представлена созданная впервые карта истории городской застройки Перми (рис.), исторические планы и карты города с описанием, архивный (1966 г.) и современный (2023 г.) космические снимки территории города.

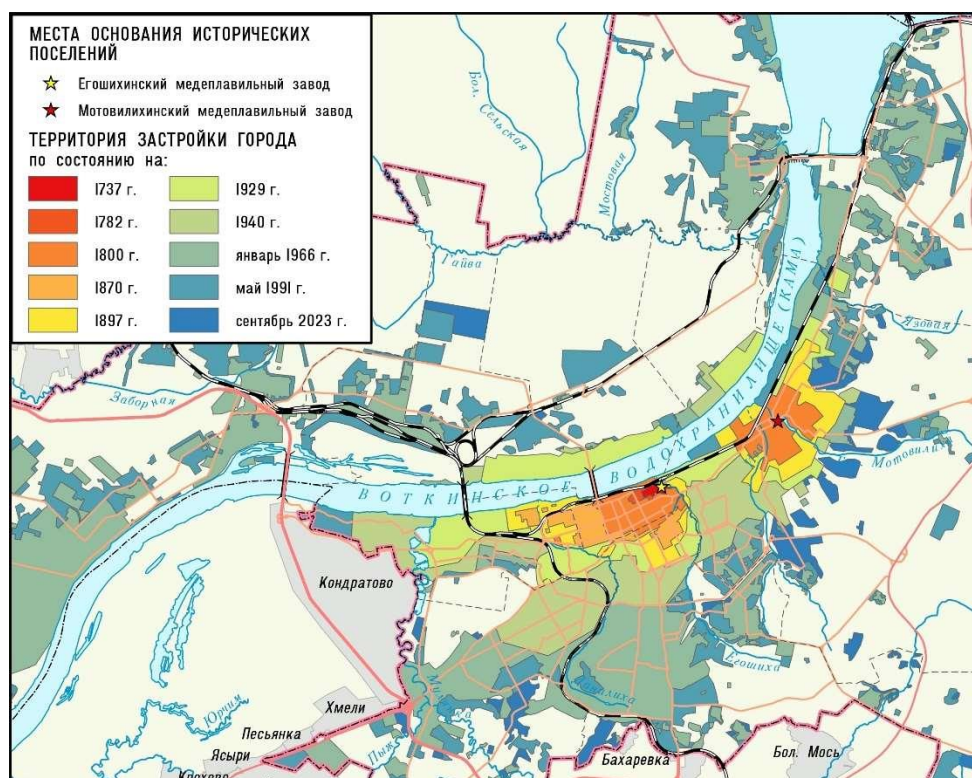


Рис. Фрагмент карты «История застройки»

Природная часть атласа представлена разделами «Геология и рельеф», «Климат» «Поверхностные воды», «Почвы», «Растительность», «Животный мир», «Природные комплексы и их трансформация», «Охрана природы».

Социально-экономическая часть атласа представлена разделами «Население», «Социальная инфраструктура», «Экономика» и рассматривает такие темы как естественное и механическое движение населения города, национальный состав, образовательные учреждения, здравоохранение, культура, спорт, транспорт, промышленность, инвестиционная и инновационная инфраструктура, торговля, общественное питание. В разделах использовались данные Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Перм-

скому краю [11], данные реформы ЖКХ, адресные реестры от администрации города [9] и ведомств.

Завершает атлас раздел «Туризм» с картой достопримечательностей Перми, их описанием и фотографиями, картой пешеходных туристских маршрутов

Все разделы Атласа проиллюстрированы разнообразной инфографикой и текстовыми материалами, авторскими фотографиями.

Библиографический список

1. Правительство Пермского края. Постановление от 8 июля 2016 года N 449-п «Об утверждении Перечня автомобильных дорог общего пользования регионального или межмуниципального значения Пермского края и Порядка внесения изменений в перечень автомобильных дорог общего пользования регионального или межмуниципального значения Пермского края» с изменениями на 12 июля 2023 года.
2. Атлас развития Иркутска – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2011. – 131 с.
3. Барнаул. Научно-справочный атлас. – Новосибирск: ПО ИНЖЕОДЕЗИЯ, 2006. – 100 с.
4. Большой атлас Москвы / Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова ; [науч. рук.: Н. С. Касимов, В. С. Тикунов ; картогр. ред.: В. П. Алтунин и др.]. – Москва: Феория, 2013. – 999 с. : ил., цв. ил., карты, пл., портр., факс.
5. Хабаровск, 150 лет: историко-географический атлас города / сост. и подгот. к изд. ФГУП "Дальневосточное аэрогеодезическое предприятие" в 2007 г. ; гл. ред. Гайфулина Т. Н. – Хабаровск: ДВ АГП, 2008. – 160 с.
6. Публичный портал Информационной системы обеспечения градостроительной деятельности г. Перми. URL: <https://isogd.gorodperm.ru/> (дата обращения 15.06.2024).
7. Роскадастр. Пространственные данные федерального фонда пространственных данных. URL: <https://portal.fppd.cgkipd.ru/map?data=eekoers&data=eekomap&data=EekoGMap> (дата обращения 15.06.2024).
8. Роскосмос. «Зелёный рейтинг» российских городов-миллионников. URL: <https://www.roscosmos.ru/38205/> (дата обращения 15.06.2024).
9. Сетевое издание. Официальный сайт муниципального образования город Пермь. URL: <https://www.gorodperm.ru/> (дата обращения 15.06.2024).
10. Система контроля за формированием и использованием средств дорожных фондов, 2018–2024. РОСАВТОДОР, РОСДОРНИИ. URL: <https://скдф.рф/> (дата обращения 15.06.2024).
11. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Пермскому краю. URL: <https://59.rosstat.gov.ru/> (дата обращения 15.06.2024).

ОПЫТ ОБУЧЕНИЯ АТЛАСНОМУ КАРТОГРАФИРОВАНИЮ

Атласное картографирование преподаётся студентам кафедры картографии и геоинформатики на первом году магистратуры. Запросы научной и производственной сферы требуют постоянного совершенствования курса. В работе обсуждается опыт сохранения баланса между фундаментальными принципами и современными возможностями создания атласов в ходе развития курса по атласному картографированию.

Ключевые слова: атласное картографирование, географическая картография, геоинформационное картографирование, обучение.

A. I. Prasolova, A. A. Shurygina, G. S. Titov, shuryginaaa@my.msu.ru
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

ATLAS MAPPING TEACHING EXPERIENCE

Atlas mapping is taught to students of the Department of Cartography and Geoinformatics in the first year of the Master's degree. The demands of the scientific and industrial sphere require constant improvement of the course. The paper discusses the experience of maintaining a balance between fundamental principles and modern techniques of creating atlases in advancement of the atlas mapping course.

Keywords: atlas mapping, geographical cartography, geoinformation mapping, teaching

Атласное картографирование было и остаётся одним из ключевых направлений географического картографирования. Исторически на кафедре картографии и геоинформатики Московского университета уделяется особое внимание обучению атласному картографированию [1, 2, 3, 4]. Принципы создания атласов, заложенные Константином Алексеевичем Салищевым и Ириной Павловной Заруцкой, практически отточенные в рамках деятельности кафедры и лаборатории комплексного картографирования, были преобразованы Татьяной Григорьевной Сватковой в учебное пособие. Однако и эти принципы нуждаются в совершенствовании и эволюции в ответ на развитие технологий, запросы научной и производственной сферы.

Курс атласного картографирования преподаётся студентам, обучающимся по направлению «Картография и геоинформатика» в течение года на первом курсе магистратуры. Курс позволяет студентам закрепить знания о принципах географического картографирования. Создавая собственное картографическое произведение, студенты углубляют навыки применения современных методов геоинформатики.

Группой 10–12 человек магистранты полностью проектируют и создают тематический атлас: разрабатывают его концепцию и структуру, математическую основу, определяют содержание и оформление общегеографической основы для карт базовых масштабов, составляют и согласовывают тематические карты, оформляют атлас как целостное произведение. За два семестра будущие выпускники не только реализуют освоенные ранее навыки, но и учатся согласовывать свои действия, работать в профессиональном коллективе. Студенты выбирают форму публикации атласа: в виде печатного продукта или веб-атласа. Для создания последнего студенты получают навыки в курсе «Сетевые геоинформационные технологии», который также преподаётся на кафедре. Итогом курса является защита атласа перед сотрудниками кафедры, где обсуждается полнота, содержание и целостность результата, а студенты делают выводы из полученного разностороннего опыта.

Последние 5 лет учебные группы всё чаще выбирают электронные и веб-атласы в качестве результата своей работы. На рис. 1 приведены фрагменты атласа, созданного группой магистрантов в 2022–2023 учебном году. В 2020 – 2021 годах студенты трудились над электронным атласом учебной и научной деятельности кафедры¹, где собрали большой массив информации о практиках и экспедициях (рис. 2). На рис. 3 показаны фрагменты веб-атласа для туристов, планирующих посетить города Серебряного ожерелья России — его подготовили студенты 2023–2024 учебного года.

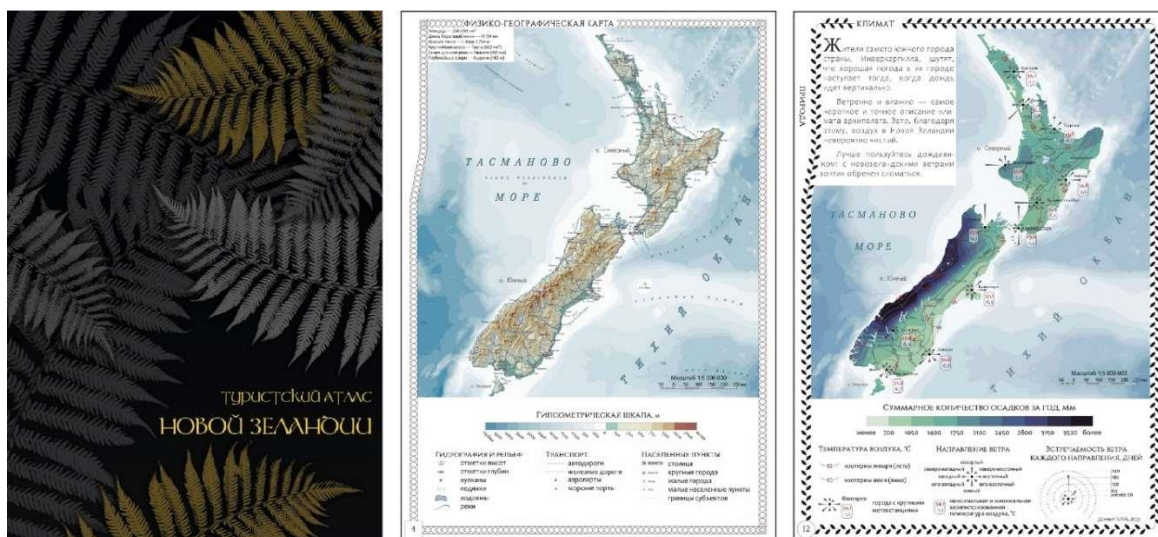


Рис. 1. Страницы туристского атласа Новой Зеландии, подготовленного студентами магистратуры в 2022–2023 учебном году

Картография и геоинформатика как образовательное направление и как направление практической деятельности отличается стремительным технологическим развитием [4]. Это наблюдается и в атласном картографировании. Процессы создания печатных атласов обнаруживают широкое внедрение цифровых технологий [5]. Атласы издаются в виде веб-приложений [6, 7]. Это делает полезным знакомство с подходами и приёмами, которые активно развиваются в рамках методологий разработки программного обеспечения, например, подготовка сценариев использования веб-атласа, определение функциональных и нефункциональных требований, разработка по спринтам, работа с обратной связью, версионирование продукта, управление совместной работой данными.



Рис. 2. Страницы электронного Атласа учебно-научной деятельности, подготовленного студентами магистратуры в 2020–2021 учебном году

¹ https://carto.geogr.msu.ru/atlas_nir/index.html

Принципы университетской школы географической картографии — консерватизм в фундаментальных основах и инновации в средствах создания картографических произведений [3, 4, 8] — усматриваются в развитии курса по атласному картографированию. Ядро создания атласа, в частности, основные этапы, ключевые требования, согласование содержания, подвергается минимальным изменениям, оболочка, например, форма представления, подходы к совместной работе, инструменты картографирования поддерживаются на современном технологическом уровне и соответствуют текущим нормам организации корпоративной работы.

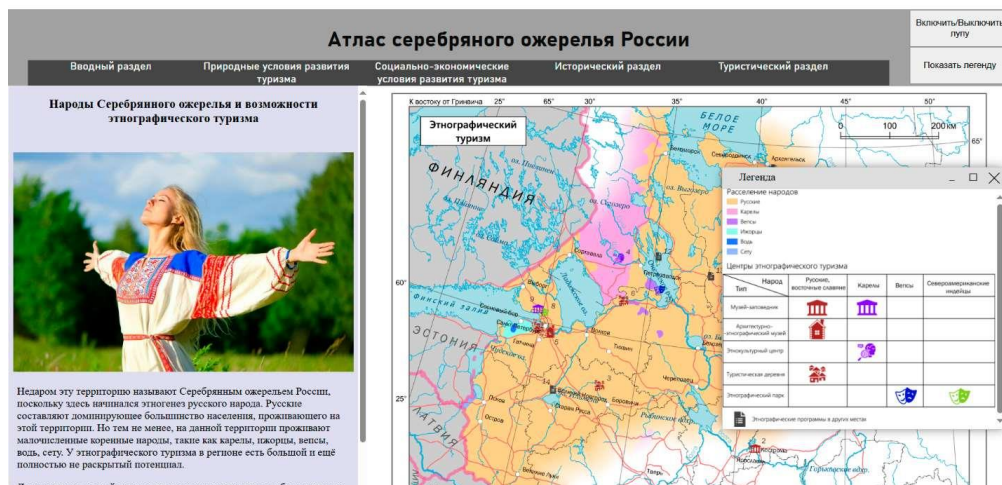


Рис. 3. Страница электронного Атласа серебряного ожерелья России, подготовленного студентами магистратуры в 2023–2024 учебном году

Библиографический список

1. Салищев К. А. Географическая картография – термин, понятие, задачи // Вестник Московского ун-та. Серия 5. География. 1979. № 2. С. 3-9.
2. Сваткова Т. Г. Атласная картография: учеб. пособие. М.: Аспект Пресс, 2002. 203 с.
3. Лурье И. К. Университетская школа географической картографии: традиции и инновации // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2016. Т. 60, № 5. С. 37-41. EDN: WXTJLP
4. Лурье И. К., Прасолова А. И. Университетское картографическое образование в эпоху перемен // Геодезия и картография. 2017. Т. 78, спецвыпуск. С. 4-15. DOI: 10.22389/0016-7126-2017-4-15 EDN: YUNJTC
5. Пьянков С.В., Бажукова Н.В., Конышев Е.В., Лучников А.С., Полякова Я.Р., Попова Ю.В., Санников П.Ю., Шихов А.Н. Разработка Комплексного атласа города Перми // Геодезия и картография. 2023. № 8. С. 39-48. DOI: 10.22389/0016-7126-2023-998-8-39-48 EDN: FLWLIT
6. Шихов А. Н., Абдуллин Р. К. Атласное веб-картографирование опасных гидрометеорологических явлений Уральского Прикамья // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. 2019. № 3. С. 49-60. DOI: 10.7242/2658-705X/2019.3.5 EDN: SANRQB
7. Тикунов В.С., Панин А.Н., Гайдуков В.Р. Атласная информационная система для формирования интегральных индексов социально-экономического развития территорий. Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2023. № 4. С. 66-74. DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.4.6 EDN: MCITJC
8. Берлянт А. М., Лурье И. К., Тутубалина О. В., Чалова Е. Р. Концепция университетского инновационного географо-картографического образования // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2009. №2. С. 6-12. EDN: KXTCAZ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ТЕМАТИЧЕСКИХ КАРТ XVIII –XIX вв.

Задача определения параметров математической основы карт возникает тогда, когда необходимо произвести привязку (регистрацию) отсканированного изображения карты, с помощью геоинформационных систем. В данном исследовании обращается внимание на корректность определения исходной математической основы карты как одного из этапов привязки карты. Процесс привязки карт XVIII –XIX вв. отличается от современных: до 1884 г. не существовало единого соглашения между странами о начальном меридиане, различия были даже среди российских карт, созданных в это время.

Ключевые слова: математическая основа карт, карты России XVIII–XIX вв., привязка карт в ГИС, начальный меридиан

A.I. Rakova, rakova.arina@gmail.com

Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

DEFINITION OF GRID REFERENCES OF THEMATIC MAPS DATED XVIII-XIX CENTURES

The task of determining the parameters of the mathematical basis of maps arises when it is necessary to register the scanned image of the map using GIS. In this article, attention is drawn to the correctness of determining the initial mathematical basis of the map as one of the stages of linking the map. The process of linking maps of the XVIII –XIX centuries differs from modern ones: until 1884, there was no single agreement between the countries on the prime meridian, and there were differences even among Russian maps created at that time.

Keywords: mathematical basis of maps, maps of Russia of the XVIII –XIX centuries, image register in GIS, prime meridian

В наше время наиболее популярным инструментом привязки карт являются геоинформационные системы. Стоит отметить, что далеко не все проекции, которые использовались при картографировании в XVIII –XX веках встроены в ГИС и тем более на территорию России [4], что вызывает неудобство и создает дополнительную работу по созданию пользовательских проекций с указанием параметров старинной проекции.

Конечно, при работе с планами крупных масштабов, можно не учитывать поправки и ошибки за кривизну Земли, а, следовательно, более лояльно относиться к определению исходного эллипсоида. Однако в случае, когда предметом исследования являются этнографические карты, которые составляются в средних или мелких масштабах, проблема определения старинной геодезической основы является актуальной.

Попытки определения параметров эллипсоида впервые начались в XVIII веке. Они проводились с помощью астрономических и наземных геодезических методов в разных странах. Однако несмотря на то, что эти эллипсоиды были рассчитаны для всей территории Земли в целом, общеземными в современном понимании они не были. Можно говорить о том, что рассчитанный по данным измерений в определенной стране эллипсоид, лучше всего подходил для использования и картографирования территории именно в этой стране. Для других территорий наблюдались существенные отклонения от поверхности геоида. По этой причине в одно и то же время существовало сразу несколько эллипсоидов. Такие эллипсоиды в современной геодезии называются референсными.

Работа по привязке (калибровке) старинных карт – это комплексная задача. Ее решение можно разделить на несколько этапов [1]:

1. Отбор контрольных точек посредством визуального поиска объектов, которые не изменили своего положения
2. Определение проекции и эллипсоида, которые использовались при создании карты
3. Привязка картографического изображения в исходной проекции
4. Определение параметров перехода от исходной к желаемой проекции
5. Привязка (перерегистрация) картографического изображения

Привязка современных карт осуществляется чаще всего по контрольным точкам, расположенным в углах сетки координат. Однако при работе с картами прошлых столетий это почти всегда невозможно, потому что ноль отсчета и, соответственно, координатная сетка, постоянно сдвигалась. Поэтому обычно находят соответствие по «точкам на карте». В статьях [2, 4] упомянута проблема выбора контрольных точек в пересечении дорог и мостов, которые часто меняли конфигурацию и переносились. Так, наиболее точным объектом на карте являются колокольни храмов, минареты мечетей, башни крепостей или иных объектов культурного наследия.

Впервые начав работать с картографическим произведением и ставя перед собой задачу его привязки, для начала нужно по сути выполнить его историко-картографический анализ. Его проведение необходимо как для соотнесения территории, изображенной на карте, с современным состоянием этой местности, так и для определения его геодезической основы.

В таблице 1 приведены проекции и эллипсоиды известных отечественных топографических карт, которые используются в качестве базовых карт в ГИС-проектах по этнографическому картографированию. Кроме того, с конца XIX века по 40-е годы XX века в России и СССР использовался эллипсоид Бесселя. Данные о датах карт были указаны в записках Военно-топографического депо, которые сейчас можно найти в сканах библиотеки Мюнхена.

Таблица 1

Некоторые параметры геодезических основ карт XIX-XX века

Название карты	Проекция	Градусная сетка от	Эллипсоид
Топографические межевые карты (Менде)	Коническая проекция Делиля	острова Ферро	Вальбека
Специальная карта Европейской России в масштабе 10 верст в дюйме (по данным съемок Ф.Ф. Шуберта)	Псевдоконическая равновеликая картографическая проекция Бонне	острова Ферро	Вальбека
Специальная карта Европейской России в масштабе 10 верст в дюйме (карта Стрельбицкого)	Коническая проекция Гаусса (эллипсоидальная форма конической проекции Ламберта)	Пулково и Парижа	Вальбека
Военная топографическая карта Западной России в масштабе 3 версты в дюйме (по данным Тучкова и Стебницкого)	Псевдоконическая равновеликая картографическая проекция Бонне	Пулково и Парижа	Вальбека
Карты Генштаба	Гаусса-Крюгера	Смещен на 500 км к западу	Красовского

В 1845 году было учреждено Русское географическое общество, в состав которого вошла этнографическая комиссия, что поспособствовало развитию этнографического картографирования в России. Однако существует мало информации относительно того, в каких проекциях были созданы этнографические карты. В таблице 2 приведены некоторые из них, датируемые серединой XIX века.

Таблица 2

Некоторые параметры геодезических основ карт XIX –XX века

Название карты	Проекция	Градусная сетка от	Эллипсоид
Этнографический атлас Европейской России 1848 г.	Гаусса-Крюгера и Коническая Гаусса?		
Этнографическая карта Европейской России 1852 г.		острова Ферро	
Этнографическая карта Российской Империи 1862 г.			
Этнографический атлас западно-русских губерний и соседних областей 1863 г.			
Этнографическая карта Европейской России 1875 г.	Коническая Гаусса?	Пулково	Бесселя?

Несмотря на то, что карты, представленные в таблицах 1 и 2, созданы примерно в одно время, их математическая основа различается: они построены на разных эллипсоидах, выбраны разные нулевые меридианы. Это может быть доказательством того, что задача привязки старинных карт нетривиальная и требует предварительного исследования параметров геодезической основы, в которой были изначально созданы привязываемые (регистрируемые) изображения.

Библиографический список

1. Привязка исторических карт. Часть II, практическая. Привязываем трёхвёрстки // Портал "Россия 4D" URL: <https://russia4d.ru/privyazka-istoricheskikh-kart-chast-ii-prakticheskaya-privyazyvaem-trekhverstki.html> (дата обращения 01.08.2024).
2. Meng, Junzhen. (2021). Raster data projection transformation based-on Kriging interpolation approximate grid algorithm. Alexandria Engineering Journal. 60. 2013-2019. 10.1016/j.aej.2020.12.006.
3. Nyrtsov, Maxim. (2019). The problems of mathematical cartography in GIS. InterCarto. InterGIS. 25. 332-336. DOI: 10.35595/2414-9179-2019-1-25-332-336 EDN: WTTIAG
4. Piekielek, N.B. (2017). Best practices for georeferencing large scale historical fire insurance maps of the USA.

АНИМАЦИОННЫЕ ПЕРЕХОДЫ МЕЖДУ КАРТОГРАФИЧЕСКИМИ СПОСОБАМИ ИЗОБРАЖЕНИЯ: НА ПРИМЕРЕ КАРТОГРАММ И КАРТОДИАГРАММ

В настоящем исследовании впервые предложен метод графического перехода между картограммами и картодиаграммами на разных масштабных уровнях для целей исследовательского анализа пространственных данных. Метод основан на анимации формы и цвета графических элементов изображения, в результате которой явным образом визуализируются операции стандартизации и агрегирования, сопровождающие смену способов изображения и территориальных единиц картографирования. Апробация метода выполнена на примере данных по урожайности зерновых культур по муниципалитетам и регионам трех субъектов РФ. Результаты исследования позволяют обогатить возможности картографического метода исследования, сделав более понятной логическую связь между представлениями данных способами картограмм и картодиаграмм, а также их представлениями на разных уровнях картографирования.

Ключевые слова: использование карт, анимации, картограммы, картодиаграммы, мультимасштабное картографирование

T. Samsonov, tsamsonov@geogr.msu.ru

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

ANIMATED TRANSITIONS BETWEEN CARTOGRAPHIC REPRESENTATIONS: A CASE STUDY ON CHOROPLETH AND PROPORTIONAL SYMBOL MAPS

This study is the first to propose a method of graphical transition between choropleth and proportional symbol maps at different scales for the purposes of exploratory analysis of spatial data. The method is based on animation of the shape and color of graphic elements of the image, as a result of which standardization and aggregation operations accompanying the change of image methods and territorial units of mapping are explicitly visualized. The method was tested on the example of data on grain yields in municipalities and regions of three administrative units of Russian Federation. The results of the study allow us to enrich the possibilities of cartographic method of research, making more understandable the logical connection between the representation of data by means of choropleth and proportional symbol maps, as well as its representation at different levels of mapping.

Keywords: map use, animations, choropleth maps, proportional symbols, multiscale mapping

Развитие картографического языка связано с совершенствованием его выразительных средств, в том числе связанных с интерактивным взаимодействием карты и пользователя. И если сами способы картографического изображения к настоящему моменту образовали достаточно устоявшуюся систему [Ошибка! Источник ссылки не найден.], то возможности их трансформации в интерактивной среде разработаны лишь фрагментарно. Исследовательский анализ пространственных данных опирается на многовариантность визуального представления географической информации, в том числе в разных масштабах картографирования и с применением различных преобразований данных и способов изображения [2,3]. При этом исследования в области визуализации данных обеспечили возможность программирования анимационных переходов между графическими представлениями информации, которые способствуют пониманию того, как трансформируются данные при смене метода визуализации [4, 5, 6]. Недавняя работа [7]

показала, что такие плавные переходы возможны между пространственными (значки, картограммы) и непространственными (диаграмма рассеяния, столбчатая диаграмма) представлениями. При этом в картографии область применения анимаций традиционно ограничена показом пространственно-временной динамики явлений [8, 9, 10]. Применение же анимаций для визуализации переходов между способами картографического изображения остается недостаточно изученным.

Целью настоящего исследования является разработка метода графического перехода между картограммами и картодиаграммами на разных масштабных уровнях, который бы обеспечил наглядную визуализацию происходящих при этом преобразований данных — стандартизации (деления на площадь или отнесенный к ней показатель) и агрегирования (вычисления сводных статистик по группам территориальных единиц). Для достижения поставленной цели была разработана система переходов, представленная на Рис. 1:

- Переходы *a*, *б* — связаны со сменой способа изображения и предполагают переключение реальной (полигон) и концептуальной (точка) геометрий территориальной единицы, а также графических переменных цвет и размер; применяется [де]стандартизация данных.

- Переходы *в*, *г* — связаны с переходом между соседними иерархическими уровнями территориальных единиц; способ изображения остается прежним, но происходит переключение между геометриями иерархических уровней; применяется [де]агрегирование данных.

- Переходы *д*, *е* — смешанные, комбинируют свойства переходов *a*—*г*.

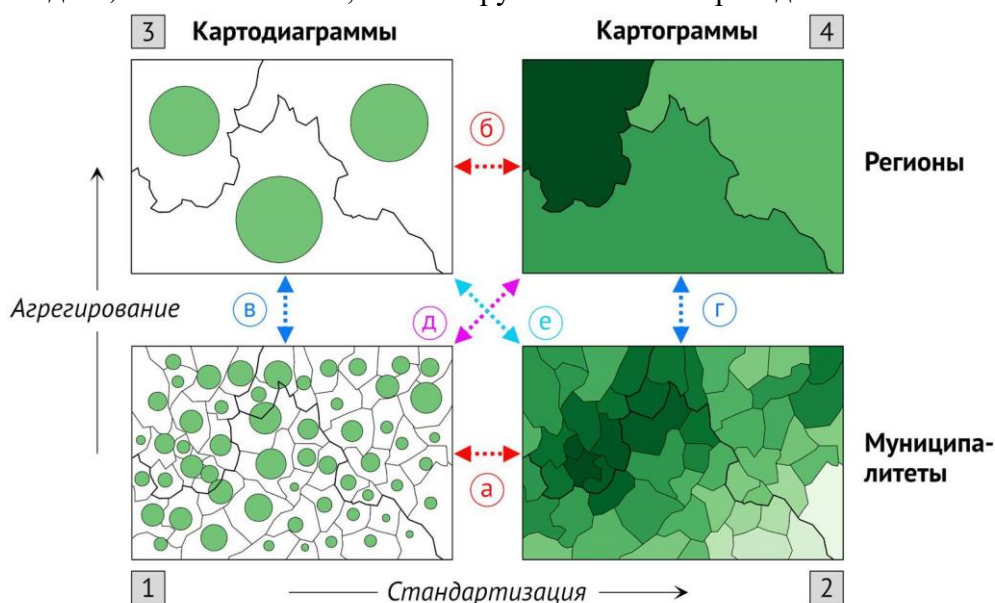


Рис. 1. Исследуемая система картографических представлений (1-4) и переходов между ними (a-e).

В процессе переходов происходит декомпозиция способов изображения на графические элементы, включающие геометрическую границу, цвет заливки и цвет обводки. В случае картограмм эти компоненты касаются площадных единиц картографирования, в случае картодиаграмм — символов, используемых для визуализации (в нашем случае это кружок). В процессе анимации между состояниями происходит интерполяция координат границ и цвета заливки/обводки соответствующих элементов. В метод заложена возможность нелинейного изменения скорости интерполяции за счет степенного параметра, который позволяет сфокусировать внимание пользователя карты на начальном либо конечном состоянии. Общая форма преобразования имеет в данном случае вид:

$$s_t = (1 - t^\lambda) s_0 + t^\lambda s_1,$$

где s_0, s_1 — начальное и конечное состояние графического элемента, $t \in [0, 1]$ — параметр и λ — степенной параметр, по умолчанию равный 1. При $\lambda > 1$ анимация будет более быстрой в области конечного состояния ($t = 1$), а при $\lambda < 1$ — в области начального состояния ($t = 0$).

Для нахождения оптимального соответствия между точками на границе полигонов и точками на границах кружков (окружностях) используется метод, разработанный в [11], а для разбиения кружков регионов на элементы, пропорциональные объему показателя в муниципалитетах и имеющие схожее относительное положение, применяется метод древовидной диаграммы Вороного [12] с пространственными ограничениями.

Разработанный метод был реализован на языке программирования *JavaScript* в интерактивной среде *Observable* [13] с использованием программной библиотеки *flubber* [11] для интерполяции геометрий. Апробация произведена на примере данных по урожайности зерновых культур в Саратовской, Волгоградской и Ростовской областях за 2017 год [14]. Снимки состояний полученных анимаций представлены на Рис. 2.

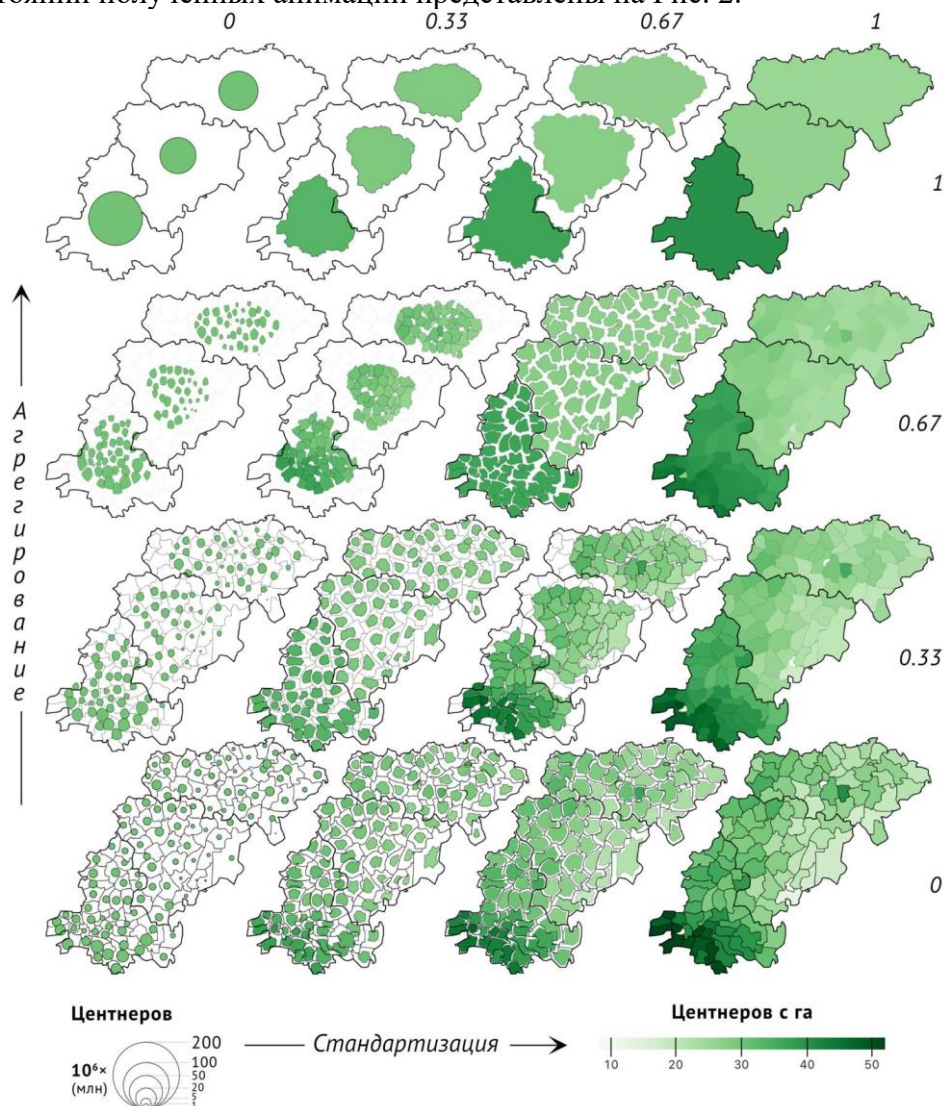


Рис. 2. Анимации между представлениями данных об урожайности зерновых в виде картограмм и картодиаграмм (в Саратовской, Волгоградской и Ростовской областях России за 2017 г.). Значения параметра t подписаны по столбцам и строкам

Проанализируем результаты с точки зрения поставленной цели — наглядного отображения преобразований данных при переходе между способами изображения и уровнями территориальных единиц. На Рис 2. видим, что стандартизация на обоих масштабных уровнях выражается в растяжении диаграммы до площади соответствующей территориальной единицы, что наглядно отражает процесс нормировки на площадь. Агрегирование стандартизированных значений на картограммах приводит к усреднению цветов по регионам, что отражает процесс осреднения сгруппированных данных. В то же время агрегирование абсолютных значений визуализируется более выразительно — в форме объединения диаграмм муниципалитетов в диаграммы регионов. Смешанные

преобразования, изображенные по диагоналям Рис. 2, демонстрируют возможности одновременного отображения стандартизации и агрегирования значений. При этом следует отметить, что каждое смешанное преобразование может быть представлено как комбинация прямых преобразований (например, $e = a + b$).

Проведенный анализ позволяет утверждать, что поставленная цель наглядного отображения преобразований данных была достигнута. Полученные результаты имеют потенциал дальнейшего развития и применения, в том числе в технологиях формирования мультимасштабных тематических карт.

Исследование выполнено в рамках темы государственного задания «Развитие методов и технологий картографии, геоинформатики и аэрокосмического зондирования в исследованиях природы и общества» (номер ЦИТИС 121051400061-9).

Библиографический список

1. Берлянт А.М. Картография. – Москва: КДУ, 2014. – 448 с.
2. Thematic Cartography and Geovisualization / T.A. Slocum [et al.]. – 4ed. – Boca Raton: CRC Press, 2022. – 612 p. DOI: 10.1201/9781003150527
3. Kraak M.-J. Cartography: visualization of geospatial data. Cartography / M.-J. Kraak, F. Ormeling. – Fourth edition. – Boca Raton; London: CRC Press, 2021. – 261 p.
4. Heer J. Animated Transitions in Statistical Data Graphics / J. Heer, G. Robertson // IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. – 2007. – Vol. 13. – № 6. – P. 1240-1247. DOI: 10.1109/TVCG.2007.70539
5. Ruchikachorn P. Learning Visualizations by Analogy: Promoting Visual Literacy through Visualization Morphing / P. Ruchikachorn, K. Mueller // IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. – 2015. – Vol. 21. – № 9. – P. 1028-1044. DOI: 10.1109/TVCG.2015.2413786
6. Kim Y., Heer J. Gemini: A Grammar and Recommender System for Animated Transitions in Statistical Graphics // IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. – 2021. – Vol. 27. – № 2. – P. 485-494. DOI: 10.1109/tvcg.2020.3030360 EDN: HTWNGJ
7. Lee B., Satyanarayan A., Cordeil M., Prouzeau A., Jenny B., Dwyer T. Deimos: A Grammar of Dynamic Embodied Immersive Visualisation Morphs and Transitions // Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems CHI '23. – Hamburg Germany: ACM, 2023. – P. 1-18. DOI: 10.1145/3544548.3580754
8. DiBiase D., MacEachren A.M., Krygier J.B., Reeves C. Animation and the Role of Map Design in Scientific Visualization // Cartography and Geographic Information Systems. – 1992. – Vol. 19. – № 4. – P. 201-214. DOI: 10.1559/152304092783721295
9. Берлянт А.М. Картографические анимации / А.М. Берлянт, Л.А. Ушакова. – Москва: Научный мир, 2000. – 108 с. ISBN: 5-89176-073-8 EDN: VTIFOH
10. Medyńska-Gulij B., Forrest D., Cybulski P. Modern Cartographic Forms of Expression: The Renaissance of Multimedia Cartography // ISPRS International Journal of Geo-Information. – 2021. – Vol. 10. – Modern Cartographic Forms of Expression. – № 7. – P. 484. DOI: 10.3390/ijgi10070484 EDN: HCRLDB
11. Veltman N. flubber: tools for smoother shape animations – 2019. URL: <https://github.com/veltman/flubber>.
12. Balzer M., Deussen O. Voronoi Treemaps // IEEE Symposium on Information Visualization, 2005. INFOVIS 2005. IEEE Symposium on Information Visualization, 2005. INFOVIS 2005. – Minneapolis, MN, USA: IEEE, 2005. – P. 49-56. DOI: 10.1109/INFVIS.2005.1532128
13. Observable / M. Bostock [et al.]. 2024. URL: <https://observablehq.com/product>.
14. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). 2024. База данных муниципальных образований. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/munst.htm>.
15. colorspace: A Toolbox for Manipulating and Assessing Colors and Palettes / A. Zeileis [et al.] // Journal of Statistical Software. – 2020. – Vol. 96. – № 1. – pp. 1-49. DOI: 10.18637/jss.v096.i01 EDN: WDIBTW

ИЗУЧЕНИЕ ВОСПРИЯТИЯ СОВРЕМЕННЫХ КАРТ ШКОЛЬНИКАМИ МЛАДШИХ КЛАССОВ НА ОСНОВЕ ТЕСТИРОВАНИЯ КАРТ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье рассматривается опыт изучения восприятия карт на основе тестирования школьников 7-10 лет из разных городов России (преимущественно из г. Санкт-Петербурга и г. Екатеринбурга). Для проведения исследования были подготовлены карты Ленинградской области: традиционные (бумажные) и электронные интерактивные; проведено два этапа тестирования (в 2022 и 2024 гг.) и выявлен ряд особенностей восприятия карт. Также выяснилось, что современные школьники (даже 1 и 2 классов) проявляют большую заинтересованность и успешно работают с тематическими картами. Полученные результаты можно использовать для разработки методических рекомендаций и рассмотреть более раннее включение карт (в том числе электронных интерактивных) в учебный процесс.

Ключевые слова: картография, изучение восприятия карт, электронные карты, карты для детей, картографические ошибки

I. Sidorina¹., A. Siuziumov^{1,2}, E. Menyailenko¹, V. Pluzhnikov¹, i.sidorina@spbu.ru

¹ Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

² Peter the Great Museum of Anthropology and Ethnography (Kunstkamera)
of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

THE PERCEPTION RESEARCH OF MODERN MAPS BY PRIMARY SCHOOL CHILDREN BASED ON TESTING MAPS OF LENINGRAD REGION

The article discusses the experience of researching the perception of maps based on testing primary school children aged 7 to 10 from various cities in Russia (primarily from St. Petersburg and Yekaterinburg). For the research, maps of the Leningrad region were prepared: traditional (paper) and electronic interactive maps. Two phases of testing were conducted (in 2022 and 2024), revealing a number of characteristics in map perception. It was also found that modern children (even those in grades 1st and 2nd) show a greater interest and successfully work with thematic maps. The results obtained can be used to develop methodological recommendations and suggest an earlier inclusion of maps (including electronic interactive ones) in the educational process.

Keywords: cartography, researching perception of maps, electronic maps, maps for children, cartographic errors

Развитие геоинформационных технологий в конце XX века привело к тому, что современный человек в повседневной жизни сталкивается с разнообразной пространственной информацией: от картографических изображений в мобильных приложениях-навигаторах до карт прогнозов погоды. При этом школьное образование, которое отвечает за формирование навыков работы с картами и получение информации об окружающем мире с помощью геоизображений, не соответствует современному уровню развития геоинформационного картографирования. Для того, чтобы использовать электронные интерактивные карты в учебных курсах, требуется понимание процесса восприятия школьниками информации, отображенной на картах.

Несмотря на остроту и актуальность темы, отмечается недостаток такого рода исследований. Отметим некоторые работы отечественных картографов, посвященные анализу со-

временных карт и атласов для школы. Коллектив авторов Института географии РАН исследовали школьную линейку атласов и контурных карт и выявил типичные методологические и содержательные проблемы при их создании [1]. Коллеги из СГУГиТ провели анализ современных познавательных карт и приложений для детей и выявили особенности, которым должны отвечать современные картографические произведения для детей [2]. Также исследованиям восприятия карт и процесса чтения карт посвящены работы зарубежных научных групп. Так, исследователи Университета Гента изучали, какие факторы влияют на решение картографических задач школьниками в возрасте 11–18 лет [3].

Так как систематических экспериментов по восприятию карт школьниками в России не проводилось, было решено начать самостоятельное исследование. Для этого были изучены вопросы методологии преподавания окружающего мира, психологии восприятия карт, изучены коллекции карт и атласов для детей (традиционные и электронные, статичные и интерактивные). Карты для проведения эксперимента были подготовлены на основе картографического материала из атласа Ленинградской области для начальной школы «С Лесовичком по родному краю» (в печати) [4]. В результате было проведено тестирование школьников младших классов, включающее два этапа – в 2022 и в 2024 гг.

При проведении первого этапа исследования сравнивалось восприятие бумажной (аналоговой) и электронной карт. Из атласа была выбрана самая сложная карта – «Сельское хозяйство и промышленность». Так как школьники младших классов не знакомы со многими понятиями из области социально-экономической географии, было интересно узнать, смогут дети ответить на вопросы и справиться с заданиями? Что воспринимается интуитивно, а что нуждается в объяснениях? Будут ли школьники активно использовать легенду при прохождении теста?

Бумажный вариант карты масштаба 1:2500000 был подготовлен в формате А4 на двух листах (карта и легенда к ней). Электронная интерактивная версия карты, созданная с помощью бесплатного графического редактора Figma, состоит из двух слоев (сельское хозяйство и промышленность), которые можно переключать. Информация об объектах размещается во всплывающих окнах, открывающихся при наведении курсора на условный знак.

На основе созданных карт было проведено индивидуальное тестирование, в котором участвовало 17 детей из разных городов (Санкт-Петербург, Сочи, Мурманск, Калининград) в возрасте от 7 до 10 лет, а также двое дошкольников. Для разносторонней оценки восприятия 16 вопросов поделили на 5 групп: первичное восприятие, оценка ассоциативности знаков; оценка пространственного восприятия, поиск объектов и навигация по карте; количественная оценка объектов; причинно-следственные связи; проверка остаточных знаний после работы с картой. Самыми сложными были вопросы 4 группы, где детям нужно было не только «прочитать» карту, но и применить логическое мышление (рис.1).



Рис. 1. Пример вопроса первого этапа тестирования.

Первый этап исследования показал, что большинство школьников успешно справились с заданиями (среднее время прохождения тестирования – 15 минут). Детям, участвовавшим в эксперименте, очень понравилось работать с картой, как с бумажной, так и с электронной. Но при работе с электронной версией даже небольшие технические проблемы вызвали резкую негативную реакцию. С бумажной картой, которую можно держать в руках, поворачивать и свободно рассматривать, таких проблем отмечено не было. Школьники вторых и третьих классов проходили тестирование за меньшее время. Но при этом закономер-

ностей между возрастом, местом жительства, и правильностью ответов на вопросы, выявлено не было.

Отметим, что полученные результаты практически не дали информации о сложностях, которые могут возникать при работе с картой, а также влиять на восприятие информации. Известный современный картограф Монмонье написал, что «исследование практики неправильного использования карт – как бумажных, так и цифровых – дает ключ к пониманию природы самих карт и масштабов их адекватного применения» [5]. Поэтому для второго этапа тестирования была определена группа факторов, влияющих на зрительное восприятие картографических изображений у школьников младших классов: соответствие знаков на карте и в легенде; пересечение знаками границ административно-территориального деления; нагрузка карт (знаковыми изображениями); избыточная информация в зарамочном оформлении; уменьшение масштаба.

Во втором этапе исследования участвовал 121 учащийся 1–3 классов из школ Санкт-Петербурга и Екатеринбурга (апрель-май 2024 г.).

Для тестирования были подготовлены три карты Ленинградской области, каждая в двух вариантах: правильном и неправильном (с ошибками). Поэтому школьников в классах тоже делили на две группы (не информируя о том, что карты разные). Детям было предложено стать учёными и принять участие в эксперименте. **При этом предварительно не объяснялись правила работы с картой и такие понятия, как: карта, легенда, условные знаки.** Работа выполнялась детьми полностью самостоятельно. В каждом этапе тестирования нужно было изучить предложенную карту и ответить на вопросы.

Сначала школьники знакомились с картой *«Промышленность и сельское хозяйство Ленинградской области»*. Проверялось влияние несоответствие знаков в легенде и на карте на восприятие информации, а также правило ненарушения границ территориального деления. На «неправильных картах» некоторые объекты заходили за границы районов, а также не все условные знаки совпадали с изображениями в легенде (рис. 2).



Рис. 2. Пример нарушения границ районов знаками

На второй карте (*«Историко-культурная карта Ленинградской области»*) необходимо было проверить, как число изображений объектов на единицу площади влияет на процесс чтения карты, т.е. проверить влияние нагрузки карты. В «неправильном» варианте число объектов было увеличено.

На третьей карте (*«Карта особо охраняемых природных территорий Ленинградской области»*) изменения в содержание карты не вносились, но был уменьшен масштаб и добавлена «отвлекающая» зарамочная информация: фотографии, картинки и таблица (рис. 3).

После проведения второго этапа исследования были получены следующие результаты:

1. Все школьники, даже первоклассники, справились с заданиями, работая с картой и легендой;
2. Выяснилось, что дети остро реагируют на неточности и картографические ошибки на картах (особенно первоклассники);
3. Ответы учеников значительно ухудшались при несоответствии знаков на карте и в легенде, при нарушении административных границ, увеличении нагрузки карты, уменьшении масштаба, перегруженности дополнительной зарамочной информацией.



Рис. 3. «Карта особо охраняемых природных территорий Ленинградской области» в «неправильном» варианте.

В методических рекомендациях по окружающему миру написано, что дети 1 и 2 классов не знакомятся с картографическими произведениями, так как «еще с трудом осваивают умения работы с абстрактной моделью – картой» [6]. При этом наши исследования показали, что большую часть информации на картах дети воспринимали и опознавали интуитивно, то есть смогли быть пользователями, даже не обладая знаниями по картографии. Можно говорить о возможном включении карт в курс «Окружающего мира» на более ранних этапах школьного обучения.

В настоящее время школьники – активно используют пространственную информацию, и им необходимы навыки работы с разными видами геоизображений. В связи с этим требуются совместные исследования по восприятию современных карт, для чего следует объединить усилия педагогов, психологов и картографов-геоинформатиков.

Авторы выражают глубокую благодарность коллегам РГПУ им. А. И. Герцена –

А. А. Казаковой, С.А. Безгодовой, Д.А. Субетто; коллективу авторов атласа «С Лесовичком по родному краю»; детям, педагогам и родителям, участвовавшим в исследовании (ГБОУ гимназия № 278 имени Б. Б. Голицына, г. Санкт-Петербург; МАОУ лицей 88, г. Екатеринбург).

Библиографический список

1. Алексеенко Н.А., Логинова Л.В., Медведев А.А., Тельнова Н.О., Хропов А.Г. Итоги рецензирования учебных географических атласов как отражение проблем школьной картографии // Картография, геоинформатика и дистанционное зондирование: вызовы 21 века. М.: Издательство: Полиграфия "СВС-Дизайн", 2019. С. 83-101. EDN: SWQJKM
2. Радченко Л.К., Липовицкая В.А. Обзор современных познавательных карт и приложений для детей // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2023. Т. 1. №2. С. 193-200. DOI: 10.33764/2618-981X-2023-1-2-193-200 EDN: EGKWCN
3. Ooms K., De Maeyer P., Dupont L., Van der Veken N., Van de Weghe N., Verplaetse, S. Education in cartography: What is the status of young people's map-reading skills? // Cartography and Geographic Information Science. 2016. Vol. 43(2). P. 134-153. DOI: 10.1080/15230406.2015.1021713
4. С Лесовичком по родному краю: атлас Ленинградской области для начальной школы / РГПУ им. А. И. Герцена, сост.: А. Андреева, Ю. В. Дворников, П. И. Егоров, Л. М. Зарина, С. В. Ильинский, А. А. Казакова, М. В. Литвинова, М. А. Маркова, Е. Л. Никитина, С. Д. Полякова, А. И. Ракова, И. Е. Сидорина. Санкт-Петербург: РГПУ им. А. И. Герцена, 2023. 36 с. (в печати).
5. Монмонье М. Все географические карты лгут. М.: КолЛибри, 2021. 240 с.
6. Методика обучения предмету "Окружающий мир": учебник и практикум для академического бакалавриата / Д. Ю. Добротин, М. С. Смирнова, Н. А. Рыжова, М. В. Нехлюдова, Т. М. Смирнова; отв. ред. М. С. Смирнова. М.: Издательство Юрайт, 2016. 308 с. EDN: YPZBKP

КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ БАЗА ДАННЫХ ОПАСНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В БАССЕЙНЕ Р. КАМЫ

Создана картографическая база данных опасных гидрологических явлений (ОГЯ) в бассейне р. Камы, которая включает 282 случая ОГЯ за период с 1990 г. по настоящее время. Разработанная база данных включает три иерархических уровня: сообщение об опасном явлении/ущербе, информация о групповом опасном явлении в целом по бассейну и характеристики паводкообразующих осадков. Рассмотрены основные особенности пространственного распределения ОГЯ на территории бассейна.

Ключевые слова: картографическая база данных; опасное гидрологическое явление; материальный ущерб; бассейн р. Камы

T. V. Sudnitsyna

Perm State University, Perm, Russia

GIS DATABASE OF HAZARDOUS HYDROLOGICAL EVENTS IN THE KAMA RIVER BASIN

The database of hydrological hazards in the Kama River basin includes 282 cases of hydrological hazards for the period from 1990 to the present. The developed database includes three hierarchical levels: a message about a hazardous phenomenon/hurricane, information about a group of hazardous phenomena in the basin as a whole, and characteristics of flood-generating precipitation. The main features of spatial distribution of hydrological hazards in the Kama basin are considered.

Keywords: GIS database; hazardous hydrological event; material loss; Kama River basin

Опасные гидрологические явления (ОГЯ) представляют собой одну из основных причин возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного характера в России. Картографирование и систематизация катастроф необходимы для сбора, хранения и анализа информации о наводнениях и других ОГЯ, оценки рисков и ущербов. Данный функционал выполняют различные базы данных (БД), опубликованные как в России, так и за рубежом. Наиболее известные БД глобального уровня являются EM-DAT [11], NatCatSERVICE [12], Global Flood Database [15], Dartmouth Flood Observatory [13], включающие информацию о более 5 тыс. случаев чрезвычайных ситуаций. В настоящее время, для большинства регионов России не существует полноценных общедоступных баз данных, позволяющих картографировать риски ОГЯ. Исключение составляют бассейны таких рек как Амур и Кубань, имеющие разработанные системы прогнозирования наводнений [2]. Целью работы является создание базы данных ОГЯ для бассейна р. Камы на основе трехуровневой структуры, предложенной в работе [14]. База данных опасных гидрологических явлений позволяет систематизировать информацию как о самих ОГЯ вместе с ущербом, так и о метеорологических условиях их возникновения.

База данных ОГЯ в бассейне реки Кама разработана на основе 3 иерархических уровня. На первом уровне (Reports) представлены данные о случаях ОГЯ или ущербе, связанным с населенным пунктом или гидропостом (при превышении отметки ОЯ на гидропосте). Второй уровень (Events) объединяет точечные отчеты в групповое событие на основе пространственного положения и времени возникновения. В результате групповое событие содержит обобщенные характеристики ОГЯ и ущерба на основе одного гидрологического события (па-

водка, половодья) в речном бассейне. На третьем уровне (Drivers) содержится информация об паводкоформирующих осадках (экстремальных и продолжительных), полученная с архивов метеостанций и реанализа ERA5 [8]. Для явлений, не связанных с экстремальными осадками, эта информация не заполнялась. Структура базы данных представлена на рисунке 1.

Создание картографической базы данных основывалось на различных источниках, включая ранее опубликованные БД [6], архивный ряд наблюдений с гидропостов Росгидромета [4] (использовано 172 гидропоста) и метеостанций, включая информационный ресурс ВНИИГМИ-МЦД [7] и общедоступные архивы [1], ежемесячные обзоры случаев ОГЯ, опубликованные в журнале «Метеорология и гидрология» [5], информацию на сайте МЧС РФ, публикации в социальных сетях и СМИ о пострадавших и нанесенном ущербе, данные реанализа ERA5 [8]. Вся информация структурировалась в соответствии с разработанной структурой БД, приведенной на рисунке 1.

База данных ОГЯ в бассейне реки Кама содержит информацию за период с 1990 г. по настоящее время и включает 282 отчета об ОГЯ, затрагивающих 132 населенных пункта и 65 рек (рис.2). Наибольшее количество случаев ОГЯ зафиксировано на реках Вятка (32 случая), Белая (31 случай), Вишера (15 случаев), Sterля (14 случаев) и Сима (11 случаев).

База данных включает четыре типа регистрации ОГЯ: данные об ущербе (54%), упоминания в СМИ (21%), превышение отметки затопления на гидропостах (24%) и данные на основе видеозаписей (1%). Так как основным источником наполнения БД являлись данные об ущербе, в последнее десятилетие наблюдается искусственный (инструментальный) рост случаев ОГЯ, связанных с повсеместным распространением Интернета. Аналогичные проблемы возникают и у других исследователей, базы данных, которые основаны на информации об ущербе из СМИ.

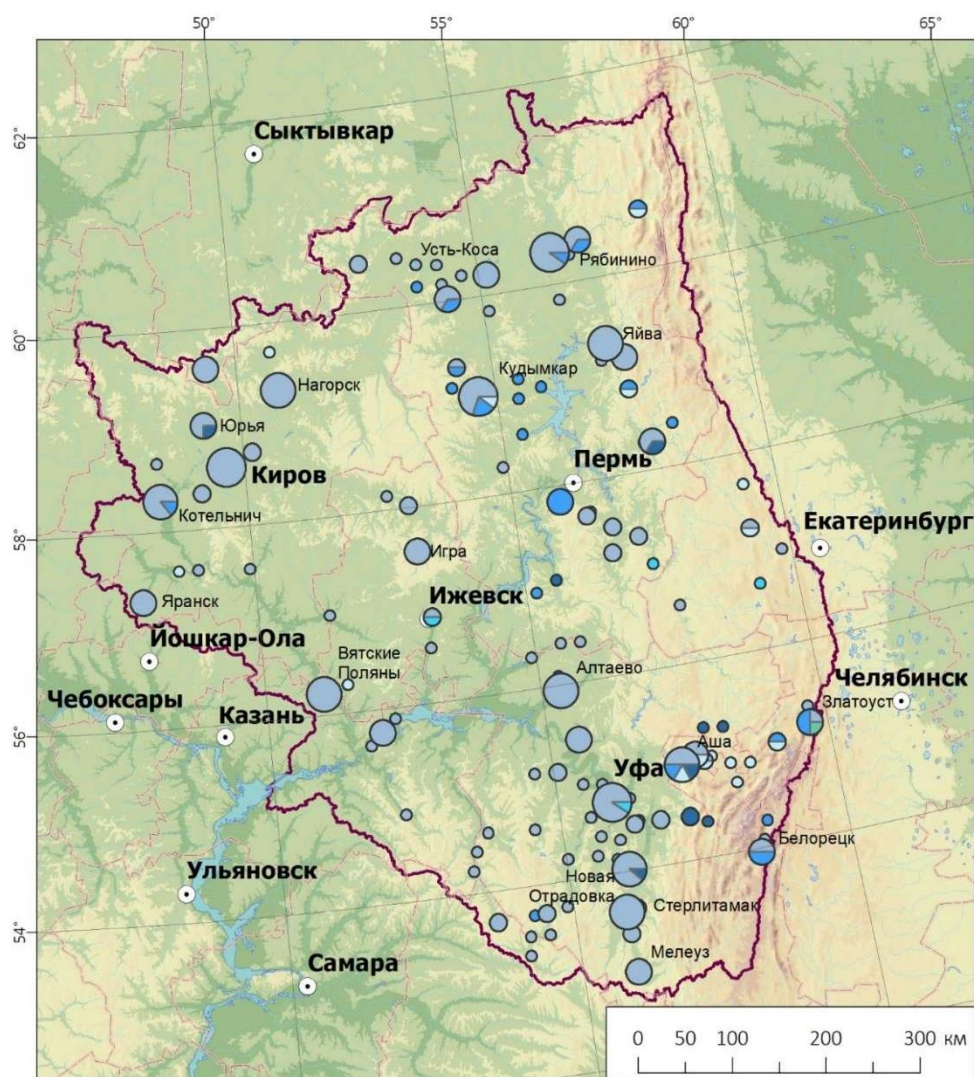
Среди случаев ОГЯ с зафиксированным ущербом (152 случая) в базе данных большинство (69,1%) связано с половодьем, остальные случаи включают дождевые (13,2%), снегодождевые (9,2%), ледовые заторы (5,3%), ливневые паводки (2,6%) и наледи (0,7%). Преобладание случаев, вызванных половодьем, характерно для равнинных рек России [3]. Дождевые паводки периодически наблюдаются как на горных, так и на равнинных реках. В условиях изменяющегося климата увеличение температуры способствует росту доли ливневых и продолжительных осадков, что может увеличить вероятность возникновения паводков [9;10].

Разработанная база данных оценивает ущерб по основным 5 показателям: количество погибших, пострадавших и эвакуированных, затопленные дома и финансовый ущерб (в млн. руб.). В базе данных зафиксировано всего три случая с подтвержденными жертвами и один случай с пропавшими без вести в результате различных видов паводков, а также высокого весеннего половодья в Башкортостане в 1990 году. Данные о пострадавших (травмированных) имеются в двух случаях: 2 человека пострадали в результате половодья и 7 человек – в следствии дождевого паводка. В базе данных приведены количественные оценки для 117 случаев затопления домов, что составляет 41% от общего числа случаев. Наибольшие масштабы затоплений, превышающие 1000 домов в одном населенном пункте, зафиксированы при половодьях. В случае дождевых паводков сопоставимый уровень ущерба отмечен лишь в одном случае — 11 июня 2002 года, когда в городах Аша, Миньяр и Сим было затоплено общее количество 1100 жилых домов.

Данные об экономическом ущербе от наводнений неполные и часто ограничены общими показателями по регионам или отраслям. Примечателен значительный ущерб от ливневых паводков в крупных городах (в Ижевске в 2014 г. и в Уфе в 2017 г.), что обусловлено высокой плотностью объектов, подверженных воздействию наводнения, их высокой стоимостью, а также более полной публикацией данных об ущербе в этих случаях. Но наибольшая оценка ущерба характерна для весеннего половодья 1990 г. (250 млн. руб. в ценах 1990 г.)



Рис.1. Структура базы данных ОГЯ в бассейне р. Камы



Условные обозначения

Распределение ОГЯ по происхождению



Частота ОГЯ



— границы субъектов РФ

• центры субъектов РФ

— границы водосборного бассейна

Шкала высот, м

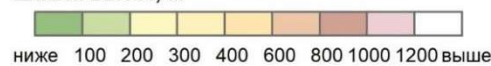


Рис.2. Карта ОГЯ на территории бассейна р. Камы

Анализ базы данных показывает, что обильные осадки, вызвавшие паводки, в основном характеризуются продолжительностью свыше 12 ч и суточными суммами в отдельных случаях более 100 мм. Информация о 28 случаях паводков была включена в БД. В большинстве случаев осадки выпадали на переувлажненную почву или не растаявший снежный покров, что было основным фактором, способствующим формированию паводка.

В ходе работы выявлены также особенности пространственного распределения случаев ОГЯ. Весенние половодья наиболее часто наносят ущерб в населенных пунктах, расположенных в поймах крупных и средних рек с незарегулированным стоком. Увеличению ущерба способствует застройка поймы и отсутствие защитных сооружений.

Библиографический список

1. Архив фактической погоды по метеостанциям России [Эл. Ресурс] URL: <http://pogodaiklimat.ru/archive.php?id=ru> (дата обращения 31.05.2024 г.).
2. Борщ С.В., Симонов Ю.А., Христофоров А.В. Система прогнозирования паводков и раннего оповещения о наводнениях на реках Черноморского побережья Кавказа и бассейна Кубани // Труды Гидрометцентра РФ. Спец. вып. 356, 2015. 247 с. EDN: SIZTOU
3. Бузин В.А. Копалиани З.Д. Наводнения на реках России при современных тенденциях в изменении климата // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2007. – № 5. – С. 43-54. EDN: NCCZTN
4. Информационная система по водным ресурсам и водному хозяйству бассейнов рек России [Эл. Ресурс] URL: <http://gis.vodinfo.ru/hydrographs/basin/10> (дата обращения 13.06.2024).
5. Научно-технический журнал "Метеорология и гидрология" [Эл. Ресурс] URL: <http://mig-journal.ru/archive> (дата обращения 14.06.2024).
6. Пьянков С.В. Абдуллин Р.К. Шихов А.Н. Семакина А.В. Картографический веб-сервис мониторинга снежного покрова и опасных гидрологических явлений в бассейне р. Камы: особенности создания и информационного наполнения // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2020. – Т. 26, № 2. – С. 5-19. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-2-26-5-19 EDN: SZFVVI
7. Специализированные массивы для климатических исследований [Эл. Ресурс] URL: <http://aisori.meteo.ru/ClimateR> (дата обращения 14.06.2024 г.).
8. Copernicus Climate Data Store [Эл. Ресурс] URL: <https://cds.climate.copernicus.eu> (дата обращения 31.05.2024).
9. Chernokulsky A., Kozlov F., Zolina O., Bulygina O., Mokhov I., Semenov V. Observed changes in convective and stratiform precipitation in Northern Eurasia over the last five decades. Environmental Research Letters. 2019, Vol. 14, No. 4, P. 045001. DOI: 10.1088/1748-9326/aafb82 EDN: XKOJJQ
10. Chernokulsky A. Kurgansky M. Mokhov I. et al., Tornadoes in Northern Eurasia: from the Middle Age to the Information Era. Monthly Weather Review, 2020, Vol. 148, P. 3081–3110. DOI: 10.1175/MWR-D-19-0251.1 EDN: HDVJPW
11. EM-DAT [Эл. Ресурс] URL: <https://www.emdat.be> (дата обращения 13.06.2024).
12. de Bruijn J.A., de Moel H., Jongman B. et al. A global database of historic and real-time flood events based on social media // Scientific Data, 2019, Vol. 311(6). DOI: 10.1038/s41597-019-0326-9
13. Global Active Archive of Large Flood Events [Эл. Ресурс] URL: <http://floodobservatory.colorado.edu/Archives/> (дата обращения 13.06.2024).
14. Napolitano E., Marchesini I., Salvati P., Donnini M., Bianchi C., Guzzetti F. LAND-deFeND – An innovative database structure for landslides and floods and their consequences // Journal of Environmental Management 2018. Vol. 207, P. 203–218. DOI: 10.1016/j.jenvman.2017.11.022
15. Tellman B., Sullivan J.A., Kuhn C. et al. Satellite imaging reveals increased proportion of population exposed to floods // Nature, 2021, Vol. 596, P. 80-86. DOI: 10.1038/s41586-021-03695-w EDN: SWAOHG

**КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ КОЛЛЕКЦИЯ Г.М. ВАСИЛЕВИЧ В СОБРАНИИ МАЭ РАН:
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО
КАРТОГРАФИРОВАНИЯ**

В статье рассматривается опыт применения современных инструментов геоинформационного картографирования к историческим картографическим материалам Г.М. Василевич, хранящимся в научном архиве МАЭ РАН, созданным по результатам экспедиции в центральной части бассейна реки Подкаменная Тунгуска в 1926-1927 гг.

Ключевые слова: Василевич, этнографическая картографирование, историческая геоинформатика, геоинформационное картографирование.

A. Siuziumov, a.a.siuiziumov@gmail.com

*Peter the Great Museum of Anthropology and Ethnography (Kunstkamera)
of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia*

**CARTOGRAPHIC COLLECTION OF G. M. VASILEVICH AT THE MAE RAS:
EXPERIENCE OF USING GIS-BASED MAPPING METHODS**

The article is devoted to the experience of using GIS-based mapping tools in analysis of the cartographic materials of G.M. Vasilevich, stored at the MAE RAS. The maps were created based on the results of an expedition in the central part of the Podkamennaya Tunguska River basin in 1926–1927.

Keywords: Vasilevich, ethnographic map, historical geoinformatics, GIS-based mapping, old map

Глафира Макарьевна Василевич – крупнейший отечественный тунгусовед с мировым именем, кандидат лингвистических наук (1935), доктор исторических наук (1969), этнограф, лингвист.

Г.М. Василевич получила образование на организованном профессором Л.Я. Штернбергом этнографическом факультете Географического института в Петрограде. Именно в годы учебы она получает фундаментальные знания и формируется как будущий ученый и исследователь. Полевой опыт был одной из важнейших составляющих обучения (студенты обязательно участвовали в одной или двух экспедиционных поездках). В период учебы Г.М. Василевич участвовала в экспедиции на Печору (1923 г.) и в Вятскую губернию (1924 г.). В учебном процессе особое внимание уделялось подготовке к полевым исследованиям, так студенты обучались картографированию и фотографированию [6].

В данной работе были проанализированы материалы второй самостоятельной экспедиции Г.М. Василевич, которая состоялась с сентября 1926 по апрель 1927 гг. и охватила район проживания тунгусов² в центральной части бассейна реки Подкаменная Тунгуска (сегодня это южная часть Эвенкийского района Красноярского края).

Командировка была организована Ленинградским отделением Комитета Севера при президиуме ВЦИК. Главной задачей было экономико-статистическое обследование местности, которое включало ознакомление с территорией расселения тунгусов (эвенков), учет хозяйственного быта, выяснение условий торговли и решение русско-тунгусского вопроса. Также ставились этнографические и лингвистические задачи. Выбор района был обусловлен

двумя причинами: слабой изученностью территории и небольшим количеством выделенных средств [1].

В экспедиции на стойбищах Г.М. Василевич делала остановки длительностью от 3 до 7 дней, кроме первой остановки, когда она провела 3 недели для знакомства с тунгусами (эвенками) и их языком. Всего было посещено 18 стойбищ, из них 3 стойбища по две юрты. В итоге за все время экспедиции был охвачен район реки Подкаменная Тунгуска на протяжении 300 км и в среднем на 10-40 км по ее притокам, кроме притока Тайга (100 км) и притока Камо (150 км) [1].

По результатам экспедиции были созданы две карты: карта дебиторских задолженностей и карта экономических районов. В качестве основы выступила карта Енисейской губернии Енисейского губернского выставочного комитета. Эта информация указана в пояснении в легенде: «...*Основа увеличена с карты изд. Енис. губ. Выставочного Комит. ...*» [3].

Карты Г.М. Василевич составлены в равнопромежуточной конической проекции, но с измененным центральным меридианом (это 66° в.д. от Пулковского меридиана в отличие от 64° в.д. на карте Выставочного комитета). Масштаб двукратно увеличен и составляет 20 верст в дюйме (1 : 840 000) [3].

Отдельно стоит подчеркнуть, что Г.М. Василевич не удалось посетить всю территорию, но поражает детальность, с которой была нанесена речная сеть и расстояния между притоками, вся эта информация отсутствует на карте-основе. Ответом на это служит пояснение, оставленное Г.М. Василевич: «*Подробности нанесены по расспросам от тунгусов (реки, расстояния и дороги)*» [3].

На карте дебиторских задолженностей пунсонами отображены юрты тунгусов (эвенков). Знак представляет собой кружок и окаймляющих его окружностей. Цвет внутреннего (центрального) кружка обозначает факторию, на которой тунгусы забирают товары, а окружности (вернее их окраска) отображают задолженности перед другими факториями. Соответственно, кроме юрт изображены сами фактории, название которых подчеркнуто собственным цветом [3].

Вторая карта показывает границы экономических районов, на которые Г.М. Василевич разделила территорию исследования. Дополнительно на карте нанесены: фактории, юрты, деревни, зимовья. Более подробно даны пути сообщения, подразделяющиеся на тунгусские тропы, тунгусские дороги и зимние дороги. Отмечены места, где осенью 1926-го года промышляли «ангарцы». Также имеются отметки расстояний, маршрут экспедиции Г.М. Василевич и границы округов [3].

В работе ценным источником информации стал очерк Г.М. Василевич «Тунгусы Подкаменной Тунгуски» [2]. В нем подробно приведена экономическая и демографическая статистика, часть которой дана по факториям, что позволяет использовать ее для картографирования.

Цель работы заключалась в анализе карт, составленных Г.М. Василевич. При этом использовались методы геоинформационного картографирования.

Геоинформационное картографирование (далее ГК) А.М. Берлянт определяет как «программно-управляемое создание и использование карт на основе геоинформационных систем и баз картографических данных и знаний» [4]. При всех возможностях и высоком уровне развития геоинформатики и ГК в литературе отмечается отставание в развитии методов ГК в этнографии и истории по сравнению с географическими науками и «полевыми» направлениями, а также отмечают возможные проблемы и ограничения этих методов [10; 11].

Открывающиеся возможности перед картографами в исследованиях старых карт были описаны А.В. Постниковым уже в 1985 г., который отмечал, что созданные детальные картографические материалы (добавим также современные программные продукты) позволяют картографам «исправить» математическую основу исторических карт, т.е. обеспечить их «современным геодезическим обоснованием» [9].

Очевидным является тот факт, что геоинформационные системы позволяют «привязать» и «уложить» старые карты в общемировой, глобальный географический контекст. Еще одним преимуществом использования современного программного обеспечения является сохранение хрупкого бумажного материала и перевод информации в цифровую форму.

Для работы в проекте было использовано программное обеспечение QGIS 3.28.8 [12]. В качестве картографической основы использовались свободно распространяемые данные проекта Natural Earth, а также оцифрованные материалы Атласа Красноярского края (масштаб 1: 1 000 000) [7, 13].

Как упоминалось выше, статистическая информация в очерке «привязана» к факториям. Следует пояснить, что фактория представляла из себя торговый пункт, состоящий из ряда построек: одна для жилья работников, склада и зимовья для тунгусов (эвенков) [2]. В то время торговля имела обменный характер: охотник отдавал пушнину, а продавец отчислял ее стоимость и отдавал необходимое количество товара, при этом вычитывая предыдущую задолженность [5].

На одном из первых этапов создания геоинформационной системы, используя существующий картографический материал, удалось определить положение всех существующих факторий на осень 1926 г. – весну 1927 г. Большинство пунктов на современных картах отмечены как нежилые поселки и заброшенные строения.

Далее была создана база данных, включающая статистику по демографии (количество жителей, мужчин, женщин, детей), а также экономические показатели, к которым относятся все данные о хозяйствах, оленеводстве, коневодстве, охоте и т.д.

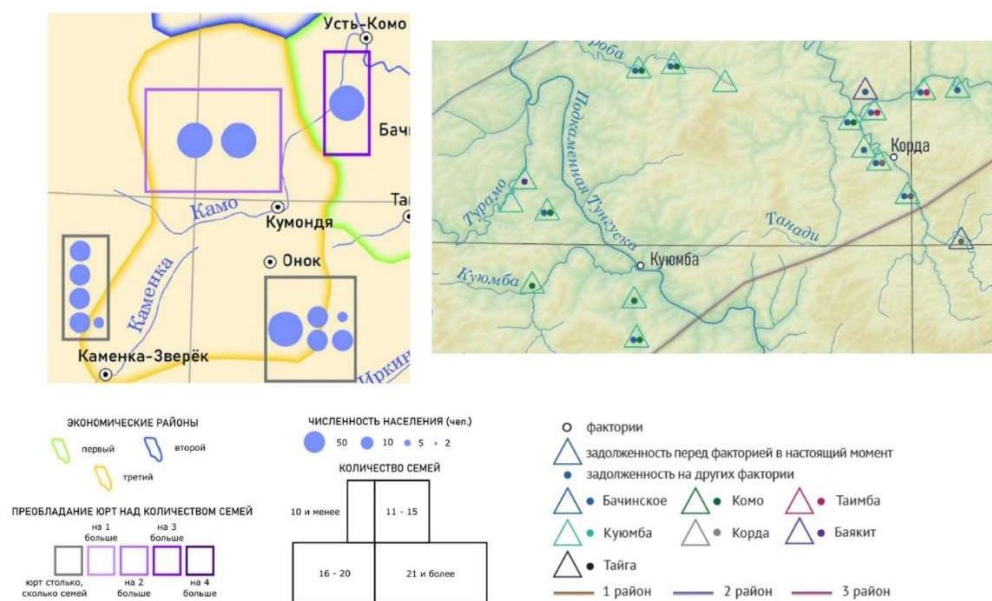


Рис. а – карта населения (фрагмент, слева); б – карта дебиторских задолженностей (фрагмент, справа). Карты разработаны совместно со студентами кафедры картографии и геоинформатики СПбГУ И.О. Долговым и Д.С. Пережигоной

На первой карте представлены демографические показатели населения по экономическим районам (Рис. а). Для отображения числа жителей, связанных одной из факторий, был использован способ «разменной монеты». Цвет рамки обозначает соотношения количества юрт и числа жителей, а длина прямоугольника – число семейств.

Вторая карта, представленная в работе, является переработкой карты Г.М. Василевич по дебиторским задолженностям (Рис. б). В качестве «скелета» для нанесения юрт была использована гидрографическая сеть. Ориентирами служили места слияния крупных рек и их притоков, предварительно была проведена идентификация по названию реки на картах Г.М. Василевич и картах Генерального штаба (масштаб 1 : 200 000). Стоит оговорить, что процесс определения локализации требует отдельного рассмотрения и описания методологии.

На основе правил символизации средствами ПО QGIS были разработаны условные знаки, которые по логике построения схожи со знаками Г.М. Василевич. Разница заключалась лишь в том, что внешняя окантовка обозначает факторию, на которой эвенки забирают товар (на осень 1926 г. – весну 1927 г.), а внутренние кружки обозначают имеющуюся задолженность на других факториях.

Полученные в результате карты можно отнести к историко-этнографическим и историко-экономическим [8]. Инструменты ГК являются необходимым средством для включения архивных картографических материалов в научный оборот. Необходима дальнейшая разработка методологии использования инструментов ГК в историко-этнографических исследованиях при анализе старых карт.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 22-18-00283 «Северность России и этнокультурный потенциал Арктики».

Библиографический список

1. АМАЭ РАН. Ф. 22. О. 1. Д. 9. Экономико-статистическое обследование р-на Подкаменной Тунгуски. 1926 г.
2. АМАЭ РАН. Ф. 22. О. 1. Д. 10. Тунгусы Подкаменной Тунгуски. 1927 г.
3. АМАЭ РАН. Ф. 22. О. 2. Д. 74.
4. Берлянт А.М. Теория геоизображений. М.: ГЕОС, 2006. 262 с. ISBN: 5-89118-356-8 EDN: QKFYRJ
5. Василевич Г.М. Эвенки в советский период (из неопубликованных работ) / Отв. ред. В.А. Беляева-Сачук, В.Н. Давыдов. СПб: МАЭ РАН, 2022. 232 с.
6. Ермолова Н.В. Тунгусовед Глафира Макарьевна Василевич // Репрессированные этнографы: Вып. 2 / Отв. ред Д.Д. Тумаркин. М.: Вост. лит., 2003. С. 10-46.
7. Красноярский край, Таймырский (Долгано-Ненецкий) и Эвенкийские автономные округа / Отв. ред. С.Г. Драгайкина. Красноярск: ФГУП "Новосибирская картографическая фабрика", 2007. 104 с.
8. Постников А.В. Исторические карты и их классификации // Геодезия и картография. 1969. № 8. С. 66-70. EDN: ACEFID
9. Постников А.В. Развитие картографии и вопросы использования старых карт. М.: Наука, 1985. 206 с. EDN: RRKRQR
10. Сидорина И.Е., Сюзюмов А.А., Ракова А.И., Андреева Т.А., Артемьева О.В. Геоинформационное картографирование в современных этнографических, конфессиональных и этноконфессиональных исследованиях // Кунсткамера. 2024. № 2(24). С. 61-79. DOI: 10.31250/2618-8619-2024-2(24)-61-79 EDN: RFNNDF
11. Фролов А.А. Геоинформационные технологии в современных историко-географических исследованиях отечественных историков // Вопросы географии. 2013. № 136. С. 447-458. EDN: VCINXR
12. QGIS [Electronic resource] // Сайт. URL: <https://www.qgis.org/ru/site/> (дата доступа: 10.07.2024).
13. Natural Earth [Electronic resource] // Сайт. URL: <https://www.naturalearthdata.com/> (дата доступа: 10.07.2024).

СОЗДАНИЕ КУБА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТКРЫТОГО И СВОБОДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Сущность создания куба пространственных данных заключается в приведении разнородных источников пространственных данных к структуре единого многомерного массива данных. Приведение данных к этой структуре строится по принципам ETL-процесса. Исследование показывает, что для каждого из этапов этого процесса доступно несколько используемых и поддерживаемых сообществом и программных средств, распространяемых свободно и открыто.

Ключевые слова: куб данных, куб пространственных данных, свободное и открытое программное обеспечение

G. Titov, P. Kargashin, titovgs@my.msu.ru

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

IMPLEMENTATION OF A SPATIAL DATA CUBE USING FREE AND OPEN-SOURCE SOFTWARE

The essence of creating a spatial data cube is to unify heterogeneous spatial data sources into a single multidimensional data array. This data reduction relies on the principles of the ETL process. The study shows that for each stage of this process, there are several community-supported and widely-used software tools available, which are free and open-source.

Keywords: data cube, spatial data cube, open-source software

Концепция куба пространственных данных подразумевает построение многомерной структуры с пространственными, временными и атрибутивными измерениями [1]. Для приведения исходных разнородных пространственных данных к такой структуре требуется выполнение ряда операций. Цель данной работы состоит в выяснении возможностей выполнения этих операций на основе открытого и свободного программного обеспечения. В работе мы рассматриваем реализацию куба данных на пространственном каркасе дискретной глобальной системы сеток НЗ для картографического обеспечения оценки параметров местобитаний морских животных [2, 3].

Наполнение куба данных выстраивается по схеме ETL (Extract – Transform – Load, Извлечение – Преобразование – Загрузка). Данные извлекаются из внешних источников, преобразуются в заранее определённую структуру и загружаются в куб данных (рис.).

При работе с множеством разнородных источников, требующих собственных процедур извлечения, преобразования и загрузки, существенной становится оркестрация ETL-процессов. Она заключается в планировании и контроле выполнения процедур наполнения куба данными. За оркестрацию может отвечать специализированное программное обеспечение (ПО). Де-факто стандартом в индустрии среди открытого ПО является Apache Airflow. Среди аналогов можно выделить Dagster и Windmill (табл.).

Исходные данные из внешних источников необходимо сохранять в централизованное хранилище, например, чтобы избежать необходимости повторной выгрузки данных в случае неуспешной обработки. Сохраняемые данные должны иметь описания — метаданные. Централизованное хранилище неструктурированных данных называют озером данных (data lake). Озёра данных обычно являются распределёнными между несколькими серверами, что позволяет относительно просто расширять объём хранения и повысить его надёжность. Для

организации озера доступен ряд открытых программных средств, наиболее популярными из которых по количеству оценок на Github являются Minio (45,8 тыс. оценок) и Ceph (13,6 тыс. оценок).

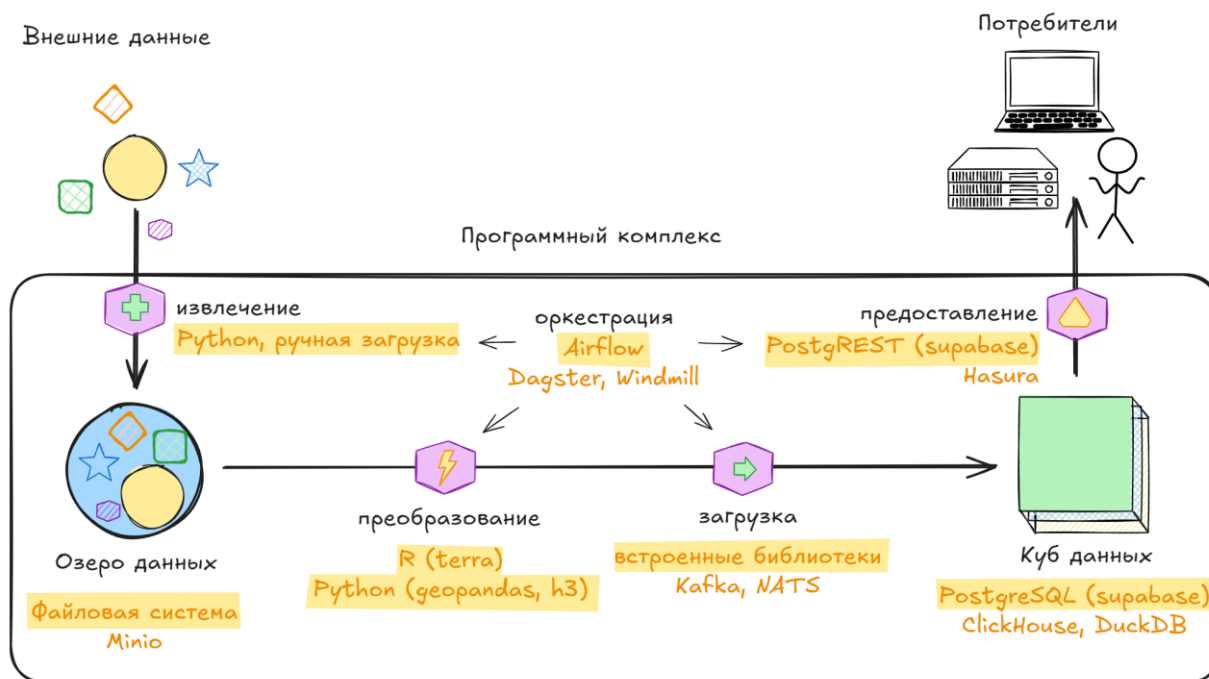


Рис. Принципиальная схема формирования и использования куба данных

Следующим после извлечения и сохранения данных является этап преобразования. Его содержание может существенно отличаться в зависимости от предметной области и проблемной ориентации, поэтому преобразование выполняется скриптами на подходящих для задачи языках программирования.

Этап загрузки преобразованных данных касается записи в хранилище заданной структуры. При передаче больших объёмов данных возникает необходимость выстраивания очередей на запись. Для этого могут быть использованы распределённые системы обмена сообщениями, например, Apache Kafka, NATS, Redpanda.

Для хранения в структуре куба пространственных данных используется сервер баз данных. Наиболее популярным решением для работы с пространственными данными является PostgreSQL с расширением PostGIS. Среди альтернатив привлекают внимание колоночные системы управления базами данных ClickHouse и DuckDB, имеющие расширения для работы с пространственными данными и дискретной глобальной системой сеток НЗ.

Для предоставления потребителям данных из куба удобно использовать RESTful подход. Для создания прикладных программных интерфейсов (API), соответствующих принципам REST архитектуры, существуют фреймворки на различных языках программирования, например, FastAPI и Django на Python. Помимо этого есть программные решения типа PostgREST, которые автоматически создают API для базы данных. Альтернативной RESTful подходу для сложных структур данных может быть GraphQL. Одним из аналогов PostgREST для GraphQL является Hasura GraphQL Engine.

При реализации куба пространственных данных для картографического обеспечения оценки параметров местообитаний морских животных на пространственном каркасе дискретной глобальной системы сеток НЗ выбор пал на следующее свободное и открытое ПО. Для оркестрации процессов используется Airflow, который обеспечен обширной документацией и большим сообществом пользователей. В качестве озера данных применяются стандартные средства файловой системы, так как объём данных не требует распределённого хранения, а доступность исходных данных позволяет рассчитывать на возможность их повторной загрузки в случае утери. Обработка выполняется скриптами на языках программирования R (библиотека terra) для растровых данных и Python (модули geopandas,

h3ronpy) для векторных данных. Так как данные обновляются не чаще одного раза в месяц, нет необходимости интенсивной обработки данных и использования систем обмена сообщениями. В качестве базы данных применяется Postgres, хотя вопрос сравнения быстродействия с колоночными базами данных представляется насущным. Прикладной программный интерфейс формируется средствами PostgREST в качестве варианта быстрого создания производительного API.

Таблица

Свободное и открытое программное обеспечение для реализации и наполнения куба пространственных данных

Функция	Программное обеспечение	Репозиторий
Оркестратор	Airflow	https://github.com/apache/airflow
	Dagster	https://github.com/dagster-io/dagster
	Windmill	https://github.com/windmill-labs/windmill
Озеро данных	Minio	https://github.com/minio/minio
	Ceph	https://github.com/ceph/ceph
Обмен сообщениями	Kafka	https://github.com/apache/kafka
	NATS	https://github.com/nats-io/nats-server
	Redpanda	https://github.com/redpanda-data/redpanda
База данных	Postgres	https://github.com/postgres/postgres
	ClickHouse	https://github.com/ClickHouse/ClickHouse
	DuckDB	https://github.com/duckdb/duckdb
Прикладной программный интерфейс	FastAPI	https://github.com/fastapi/fastapi
	Django	https://github.com/django/django
	PostgREST	https://github.com/PostgREST/postgrest
	Hasura GraphQL Engine	https://github.com/hasura/graphql-engine

Распространённость ETL-процесса в производственной деятельности, связанная с необходимостью обработки и анализа больших объёмов данных, обеспечила появление свободных и открытых инструментов для реализации различных его этапов. В ходе работы установлено, что для каждого из этапов создания куба пространственных данных существует несколько поддерживаемых и используемых программных продуктов, распространяемых на свободной и открытой основе.

Библиографический список

1. Purss M., Peterson P., Strobl P., Dow C., Sabeur Z., Gibb R., Ben J. Datacubes: A Discrete Global Grid Systems Perspective // Cartographica. 2019. Т. 54. № 1. С. 63-71. DOI: 10.3138/cart.54.1.2018-0017
2. Shurygina A., Titov G. Building Datacube for Maritime Applications on Discrete Global Grid System // IGARSS 2022 – 2022 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium Proceedings. Kuala Lumpur, Malaysia: IEEE, 2022. С. 2446-2449. DOI: 10.1109/IGARSS46834.2022.9884498
3. Титов Г. С. Куб данных Белого моря для оценки параметров местообитаний морских животных // Труды XII Международной научно-практической конференции Морские исследования и образование (MARESEDU-2023) Том I (IV). ООО ПолиПРЕСС. Тверь: 2024. С. 528-533. EDN: CGKEIA

РАСЧЁТ ДОСТОВЕРНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СТОКА НА СЕТКАХ НИЗКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Для расчёта направлений стока на сетках низкого пространственного разрешения применяются специальные алгоритмы генерализации пространственных данных. Разработано множество таких алгоритмов, однако к настоящему времени не решён вопрос оценки достоверности результатов расчёта. В работе проведена оценка результатов расчёта направлений стока на сетках низкого пространственного разрешения (от 30' до 2°) на основе сравнения площадей водосборных бассейнов, полученных на этих сетках, с эталонами более высокого пространственного разрешения. Показано, что некоторые из рассмотренных алгоритмов генерализации (DRT и COTAT) позволяют добиться более достоверных результатов, чем альтернативные подходы.

Ключевые слова: направления стока, генерализация, водосборные бассейны, оценка достоверности.

M. Uzhegov, A. Entin, muzh3gov@yandex.ru

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

CALCULATION OF RELIABLE FLOW DIRECTIONS FOR COARSE RESOLUTION GRIDS

There are several special generalization algorithms intended for deriving flow directions on low spatial resolution grids. Despite the significant number of these algorithms, the estimation of derivation results is still an issue to be resolved. In this research, we assess results of flow direction derivation on low spatial resolution (30' to 2°) grids based on comparison of watershed basins calculated from these grids with reference basins of relatively higher spatial resolution. Some of the generalization algorithms considered (DRT and COTAT) have been shown to achieve more reliable results than alternative approaches.

Keywords: flow directions, generalization, watershed basins, reliability estimation

Модель направлений стока — это регулярно-сеточное покрытие, где для каждой ячейки сетки задано кодированное направление перемещения водной массы из неё в одну или несколько соседних ячеек. Модели направлений стока используются в морфометрическом анализе рельефа для определения границ водосборных бассейнов, положения тальвегов и водоразделов, а также в гидрологическом моделировании для вычисления количественных характеристик поверхностного стока. На сетках высокого и среднего пространственного разрешения эти модели, как правило, рассчитываются на основе цифровых моделей рельефа (ЦМР). В простейшем случае направления стока определяются следующим образом: поток воды из ячейки целиком распределяется в соседнюю ячейку по направлению наибольшего уклона. Такой алгоритм получил в литературе собственное обозначение D8 [7]. Алгоритм D8 удовлетворительно аппроксимирует движение водных масс вниз по склону под действием силы тяжести, что обеспечивает его широкое применение для ряда задач, включая выделение сетей потенциальных водотоков и определение границ водосборных бассейнов.

На сетках низкого пространственного разрешения (порядка 1°) модели направлений стока также создаются и применяются в рамках моделей Земной системы (МЗС) для параметризации речной сети при расчёте характеристик поверхностного стока в блоке деятельного слоя суши [1], однако при таком разрешении ЦМР уже не позволяет достоверно моделировать конфигурацию гидрографической сети территории. Чтобы обойти это ограничение,

был предложен ряд подходов, позволяющих получить модели направлений стока низкого пространственного разрешения путём генерализации пространственных данных более высокого пространственного разрешения. Среди основных принципов выбора направлений стока, используемых этими алгоритмами:

1. Генерализация моделей направлений стока более высокого пространственного разрешения. Как правило, она сводится к трассировке детальных направлений стока для каждой ячейки целевой сетки. Этот принцип лежит в основе алгоритмов MHM [8], DDM30 [2], COTAT [11], COTAT+ [12], FLOW [14], DRT [13] и IHU [3].

2. Расчёт направлений стока на основе раstra водосборной площади более высокого пространственного разрешения (по сравнению с целевой сеткой). Этот принцип лежит в основе алгоритмов NSA [4] и DMM [9].

3. Выбор направления стока путём трассировки векторного представления гидрографической сети (NTM [10], TIDD [6]).

Несмотря на большое число предложенных алгоритмов расчёта направлений стока для сеток низкого пространственного разрешения, остаётся нерешённым вопрос об оценке достоверности моделей, получаемых с их помощью. В качестве одного из возможных подходов к оценке достоверности можно использовать оверлей контуров крупных водосборных бассейнов — эталонных и рассчитанных по моделям низкого разрешения. Метрика сравнения рассчитывается как произведение отношений площади геометрического пересечения оцениваемого и эталонного полигонов к их полным площадям:

$$r_A = \frac{A_{\cap}}{A_0} \cdot \frac{A_{\cap}}{A_1} = \frac{A_{\cap}^2}{A_0 A_1}$$

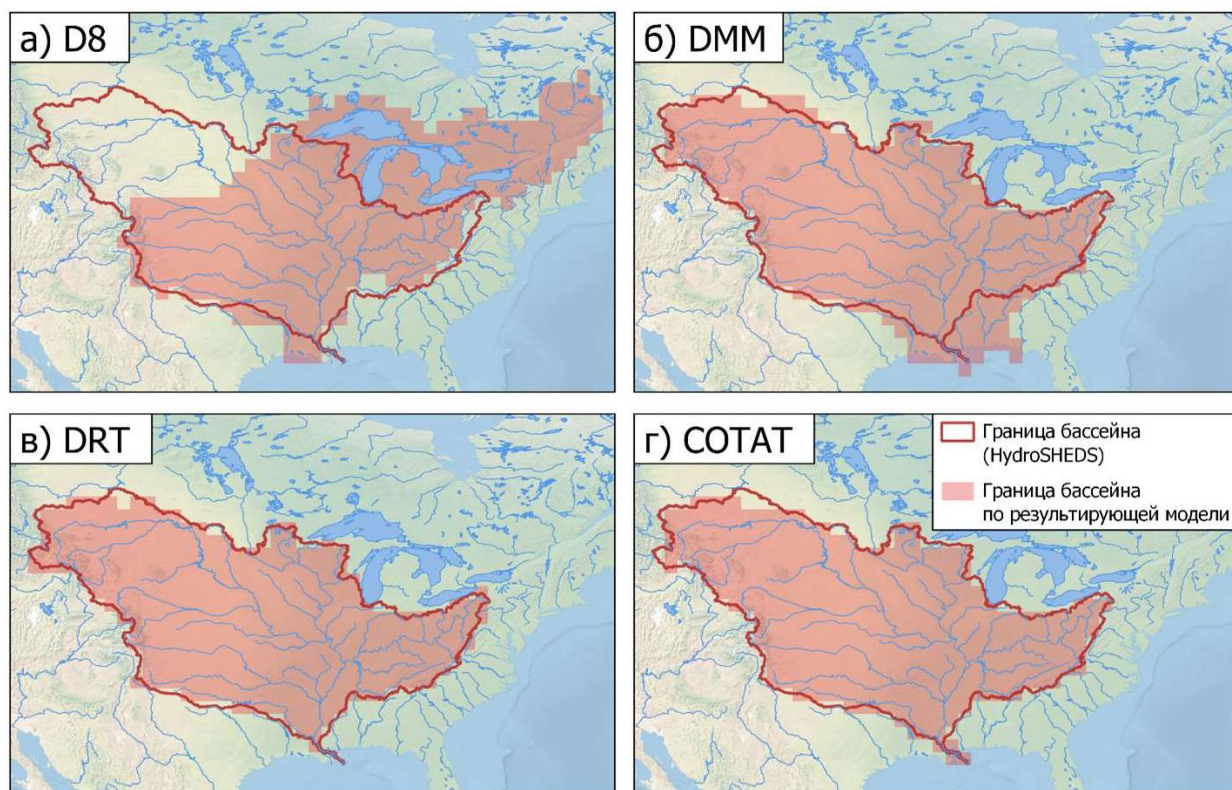
где A_{\cap} — площадь геометрического пересечения выделенных бассейнов, A_0 — площадь эталонного бассейна, A_1 — площадь бассейна на результирующей модели. Метрика может принимать значения от 0 (полное отсутствие пересечений) до 1 (полное совпадение полигонов).

В настоящей работе была проведена оценка достоверности определения границ водосборных бассейнов на основе моделей направлений стока низкого пространственного разрешения (30', 1° и 2°), полученных с помощью алгоритмов DMM, DRT и COTAT; во всех случаях в качестве исходных данных использованы модели направлений стока и водосборной площади с ресурса HydroSHEDS [5]. Ещё один набор моделей направлений стока был получен «традиционным» алгоритмом D8 на основе ЦМР ETOPO1 [15], предварительно передискретизированной до целевых пространственных разрешений. Значения метрики подобия границ водосборных бассейнов реки были рассчитаны для бассейнов рек Лена, Волга, Янцзы, Миссисипи, Конго и Амазонка. В качестве эталонных контуров были использованы границы бассейнов, полученные из набора данных HydroBASINS, который, в свою очередь, также создан на основе HydroSHEDS. Для всех полученных границ бассейнов было рассчитано значение метрики r_A в соответствии с формулой, приведённой выше.

Для моделей, полученных с помощью алгоритма D8, среднее значение r_A составило 0,59, а максимальное — 0,81. Модели направлений стока, полученные с помощью алгоритма DMM, имеют среднее значение метрики 0,72, однако некоторые выделенные по ним бассейны значительно отличаются и имеют показатель подобия менее 0,3. Бассейны, которые выделены по моделям направлений стока, построенным с помощью алгоритмов COTAT и DRT, имеют наибольшую степень подобия эталону: среднее значение для каждого из этих алгоритмов выше 0,85, при этом ни один из оцениваемых водосборных бассейнов не имеет показатель подобия менее 0,7.

На рисунке 1 показаны границы бассейна р. Миссисипи, выделенные по направлениям стока с разрешением 1°, полученным с помощью алгоритмов D8, DMM, DRT и COTAT, в сравнении с эталонной границей из гидрологического набора данных HydroSHEDS. Границы бассейнов на моделях COTAT (рисунок 1, г) и DRT (рисунок 1, в) практически полностью соответствуют эталону. Алгоритм DMM (рисунок 1, б) показал несколько менее достовер-

ный результат: в площадь бассейна включены обширные области на побережье Мексиканского залива. Наконец, граница бассейна, выделенного по направлениям стока, рассчитанным с помощью D8 (рисунок 1, а), не может считаться достоверной: к бассейну Миссисипи ошибочно отнесены Великие озёра и частично р. Святого Лаврентия, при этом из бассейна оказались «исключены» верховья Миссури.



Специальные алгоритмы позволяют получать модели направлений стока низкого разрешения, имеющие значительно более высокую степень достоверности по сравнению с моделями, получаемыми с помощью алгоритма D8 на основе ЦМР низкого пространственного разрешения. Среди оцененных алгоритмов DRT и COTAT производят наиболее достоверные модели направлений стока, так как они определяют направления стока для каждой ячейки целевой сетки на основе траектории трассировки направлений стока более высокого разрешения.

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ № 23-27-00232 «Создание глобальных моделей направлений стока низкого пространственного разрешения».

Библиографический список

1. Степаненко В.М., Медведев А.И., Корпушенков И.А., Фролова Н.Л., Лыкосов В.Н. Параметризация речной сети для модели земной системы // Вычислительные методы и программирование. 2019. т. 20. № 4. с. 396-410. DOI: 10.26089/NumMet.v20r435 EDN: ZUHOTG
2. Döll P., Lehner B. Validation of a new global 30-min drainage direction map // Journal of Hydrology. 2002. Vol. 258. P. 214-231. EDN: ATTVTB
3. Eilander D., van Verseveld W., Yamazaki D., Weerts A., Winsemius H.C., Ward P.J. A hydrography upscaling method for scale-invariant parametrization of distributed hydrological models // Hydrology and Earth System Sciences. 2021. Vol. 25. P. 5287-5313. DOI: 10.5194/hess-25-5287-2021 EDN: OPWOWT

4. Fekete B.M., Vörösmarty C.J., Lammers R.B. Scaling gridded river networks for macroscale hydrology: Development, analysis, and control of error // *Water Resour. Res.* 2001. Vol. 37, issue 7. P. 1955-1967. DOI: 10.1029/2001WR900024 EDN: MAZQBP
5. Lehner B., Verdin K., Jarvis A.. New global hydrography derived from spaceborne elevation data // *Eos, Transactions, American Geophysical Union.* 2008. Vol. 89. Issue 10. P. 93-94. DOI: 10.1029/2008EO100001
6. Mayorga E. et al. Estimating cell-to-cell land surface drainage paths from digital channel networks, with an application to the Amazon basin // *J. Hydrol.* 2005. V. 315, 1. P. 167-182. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2005.03.023 EDN: LSFYUB
7. O'Callaghan J.F., Mark D.M. The extraction of drainage networks from digital elevation data // *Computer Vision, Graphics, & Image Processing.* 1984. Vol. 28. P. 323-344. DOI: 10.1016/S0734-189X(84)80011-0
8. O'Donnell G., Nijssen B., Lettenmaier D.P. A simple algorithm for generating streamflow networks for grid-based, macroscale hydrological models // *Hydrological Processes.* 1999. Vol. 13. P 1269-1275. DOI: 10.1002/(SICI)1099-1085(19990615)13:8<1269::AID-HYP806>3.0.CO;2-R
9. Olivera F., Lear M.S., Famiglietti J.S., Asante K. Extracting low-resolution river networks from high-resolution digital elevation models // *Water Resources Research.* 2002. Vol.38, issue 11. P. 1-8. DOI: 10.1029/2001WR000726
10. Olivera F., Raina R. Development of large scale gridded river network from vector stream data // *Journal of the American Water Resources Association.* 2003. P. 1235-1248. DOI: 10.1111/j.1752-1688.2003.tb03705.x
11. Paz A.R., Collischonn W., Lopes Da Silveira A.L. Improvements in large-scale drainage networks derived from digital elevation models//*Water Resour.Res.*2006. V.42, 8. P.1-7. DOI: 10.1029/2005WR004544
12. Reed S.M. Deriving flow directions for coarse-resolution (1-4 km) gridded hydrologic modeling // *Water Resour. Res.* 2003. Vol. 39, issue 9. P. 1-11. DOI: 10.1029/2003WR001989
13. Wu H., Kimball J.S., Mantua N., Stanford J. Automated upscaling of river networks for macroscale hydrological modeling // *Water Resources Research.* 2011. Vol. 47, issue 3. P. 1-18. DOI: 10.1029/2009WR008871
14. Yamazaki D., Oki T., Kanae S. Deriving a global river network map and its sub-grid topographic characteristics from a fine-resolution flow direction map // *Hydrology and Earth System Sciences.* 2009. Vol. 13. P 2241-2251. DOI: 10.5194/hess-13-2241-2009
15. ETOPO1 Global Relief Model / [Электронный ресурс] // National Centers of Environmental Information: [сайт]. URL: <https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/> (дата обращения: 24.07.2024).

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОЧВЕННО-КАРТОГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ НА ПРИМЕРЕ КАРТЫ УСЛОВИЙ МИГРАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ

В статье рассматривается процесс автоматизации почвенно-экологического картографирования средствами PyQGIS. Цель работы – разработка модуля QGIS для создания карты условий миграции тяжелых металлов в почве на основе данных ЕГРПР. Созданный плагин позволяет стандартизировать создание почвенно-экологической карты.

Ключевые слова: PyQGIS, почва, тяжелые металлы

Chashchin A.N., Kondratieva M.A., chascshin@mail.ru

Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

AUTOMATION OF SOIL-MAPPING WORKS USING THE EXAMPLE OF A MAP OF CONDITIONS OF MIGRATION OF HEAVY METALS IN SOIL

The article discusses the process of automation of soil-ecological mapping by means of PyQGIS. The purpose of the work is to develop a QGIS module for creating a map of the conditions of migration of heavy metals in the soil based on data egrpr.esoil.ru. The created plugin allows standardizing the creation of a soil-ecological map.

Keywords: pyQGIS, soil, heavy metals

Тяжелые металлы имеют высокий уровень экологической опасности [1]. При создании карты условий миграции металлополлютантов в почве совмещаются свойства и режимы почв, которые характеризуют условия миграции тяжелых металлов: реакция среды почв и окислительно-восстановительный режим, что усложняет процесс получения конечного картографического представления. В связи с этим актуальность приобретают автоматизированные подходы к картографированию данных процессов.

Цель исследований – разработка программы (модуля QGIS) для автоматизации картографирования условий миграции тяжелых металлов в почвах.

Материалы и методы. В качестве исходных пространственных данных использовался векторный слой почв из Единого государственного реестра почвенных ресурсов России (ЕГРПР) [2]. Определение варианта геохимической обстановки, обуславливающей условия миграции тяжелых металлов, проводится по матрице (табл.), которая одновременно является легендой карты. Условия миграции определяются для типов почв по шкале [3].

Для создания плагина использовались модули QGIS: plugin builder 3, plugin reloader, библиотека pyQGIS [4], разработка пользовательского интерфейса выполнена в Qt Designer, написание кода в редакторе VS Code.

Результаты. На основе матричного подхода создания карты, была составлена оценочная функция для исполнения на языке python. Она имеет следующий вид:

```
result = ((value_1 <= 4 and value_2 == 1) * 1 + ((value_1 > 4 and value_1 <= 5) and value_2 == 1) * 2 + ((value_1 > 5 and value_1 <= 6.4) and value_2 == 1) * 3 + (value_1 > 6.4 and value_2 == 1) * 4 + (value_1 <= 4 and value_2 == 2) * 5 + ((value_1 > 4 and value_1 <= 5) and value_2 == 2) * 6 + ((value_1 > 5 and value_1 <= 6.4) and value_2 == 2) * 7 + (value_1 > 6.4 and value_2 == 2) * 8 + (value_1 <= 4 and value_2 == 3) * 9 + ((value_1 > 4 and value_1 <= 5) and value_2 == 3) * 10 + ((value_1 > 5 and value_1 <= 6.4) and value_2 == 3) * 11 + (value_1 > 6.4 and value_2 == 3) * 12 + (value_1 <= 4 and value_2 == 4) * 13 + ((value_1 > 4 and value_1 <= 5) and value_2 ==
```

$4) * 14 + ((value_1 > 5 \text{ and } value_1 \leq 6.4) \text{ and } value_2 == 4) * 15 + (value_1 > 6.4 \text{ and } value_2 == 4) * 16$,

где value_1 – значение pH, value_2 – тип окислительно-восстановительного режима почв.

Данная функция составляет основу созданного метода def um_soil_def (рис. 1.), который выполняет расчет геохимических условий миграции тяжелых металлов в почвах.

Таблица

Матрица условий миграции тяжелых металлов в почвах

Условия	Щелочно-кислотные условия (диапазоны pH)			
	очень сильно-кислые (< 4,0)	сильно- и среднекислые (4,1-5,0)	слабокислые (5,1-6,4)	нейтральные (6,5-8,5)
окислительные	1	2	3	4
преимущественно окислительные	5	6	7	8
контрастные окислительно-восстановительные	9	10	11	12
восстановительные	13	14	15	16

```

um_soil.py
212
213 def um_soil_def(self):
214     print('Срабатывание кнопки расчета геохимических условий почв')
215     selected_layer_name = self.dlg.comboBox_layer.currentText()
216     selected_layer = QgsProject.instance().mapLayersByName(selected_layer_name)[0]
217     field_name_1 = self.dlg.comboBox__field.currentText()
218     field_name_2 = self.dlg.comboBox__field_2.currentText()
219
220     new_field_name = "um_soil"
221     new_field = QgsField(new_field_name, QVariant.Int)
222
223     selected_layer.startEditing()
224     selected_layer.addAttribute(new_field)
225     selected_layer.updateFields()
226
227     for feature in selected_layer.getFeatures():
228         value_1 = feature[field_name_1]
229         value_2 = feature[field_name_2]
230
231         # Проверка типов значений
232         if not isinstance(value_1, (int, float)) or not isinstance(value_2, (int, float)):
233             print(f"Пропуск функции для объекта с ID {feature.id()} из-за некорректных значений")
234             continue
235         result = (
236             (value_1 <= 4 and value_2 == 1) * 1 +
237             ((value_1 > 4 and value_1 <= 5) and value_2 == 1) * 2 +
238             ((value_1 > 5 and value_1 <= 6.4) and value_2 == 1) * 3 + (value_1 > 6.4 and value_2 == 1) * 4 +
239             (value_1 <= 4 and value_2 == 2) * 5 +
240             ((value_1 > 4 and value_1 <= 5) and value_2 == 2) * 6 +
241             ((value_1 > 5 and value_1 <= 6.4) and value_2 == 2) * 7 + (value_1 > 6.4 and value_2 == 2) * 8 +
242             (value_1 <= 4 and value_2 == 3) * 9 +
243             ((value_1 > 4 and value_1 <= 5) and value_2 == 3) * 10 +
244             ((value_1 > 5 and value_1 <= 6.4) and value_2 == 3) * 11 + (value_1 > 6.4 and value_2 == 3) * 12 +
245             (value_1 <= 4 and value_2 == 4) * 13 +
246             ((value_1 > 4 and value_1 <= 5) and value_2 == 4) * 14 +
247             ((value_1 > 5 and value_1 <= 6.4) and value_2 == 4) * 15 + (value_1 > 6.4 and value_2 == 4) * 16
248         )
249
250         feature[new_field_name] = result
251         selected_layer.updateFeature(feature)
252
253     selected_layer.commitChanges()
254     print(f"Создано новое поле '{new_field_name}' в таблице атрибутов слоя.")
255
256     style_path = os.path.join(self.plugin_dir, 'styles', 'style.qml')
257     self.set_style(selected_layer, style_path)

```

Рис. 1. Фрагмент кода плагина, содержащий метод def um_soil_def, вычисляющий геохимические условия миграции тяжелых металлов в почвах

В результате работы программа группирует почвенные контуры и рассчитывает балл, к которому в конечном итоге применяется заранее заготовленный стиль оформления (qml-файл). Пользовательский интерфейс и функционирование плагина на примере почвенного

покрова Пермского края по данным ЕГРПР (состоящего из 311 почвенных контуров в масштабе 1:2500000) проиллюстрировано на рисунке 2.

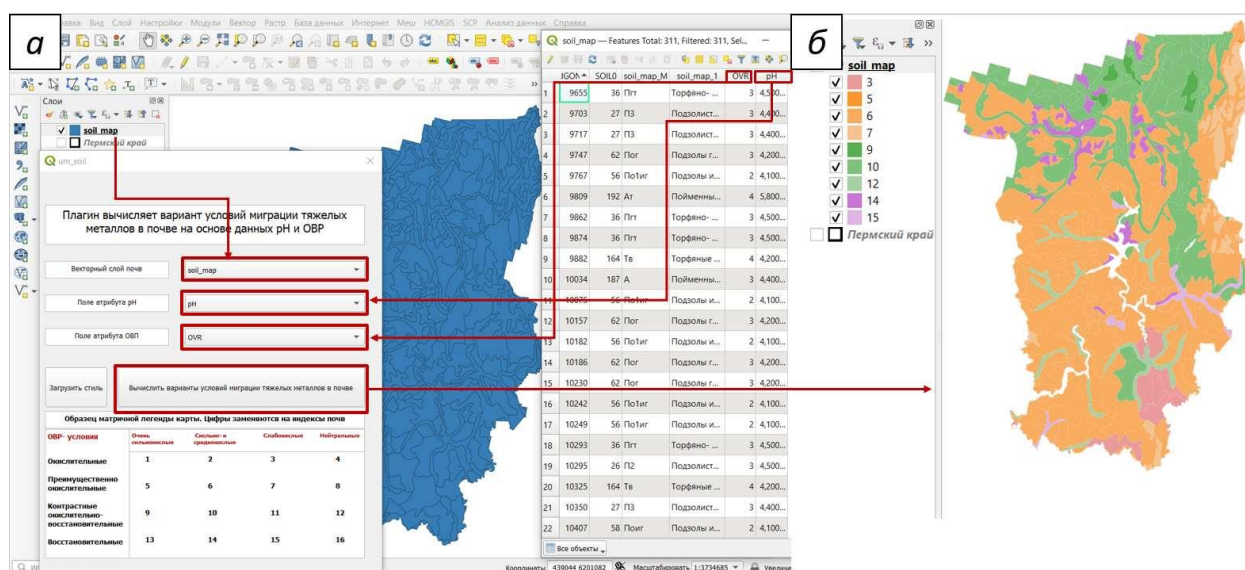


Рис. 2. Функционирование модуля расчета условий миграции ТМ в почвах: а) ввод исходных данных; б) результат работы плагина с автоматической загрузкой стиля

Таким образом, разработанный плагин позволяет стандартизировать создание почвенно-экологической карты условий миграции тяжелых металлов в почвах за счет двух функций: преобразования значений pH и окислительно-восстановительных условий в переменные оценочной функции; автоматическая загрузка стиля. Код разработанного плагина может составить основу для автоматизации других оценочных почвенно-экологических карт на основе данных ЕГРПР. Основным преимуществом подхода создания плагина на основе библиотеки pyQGIS по сравнению с редактором моделей QGIS является возможность встраивания функции загрузки стиля итоговой карты, а также создание наглядного пользовательского интерфейса, содержащего пример легенды карты.

Библиографический список

1. Васильев А. А., Лобанова Е.С. Магнитная и геохимическая оценка почвенного покрова урбанизированных территорий Предуралья на примере города Перми: монография. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н. Прянишникова". Пермь: ИПЦ Прокрость, 2015. 243 с. ISBN: 978-5-94279-257-2 EDN: YNFJWB
2. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России [Электронный ресурс] <https://egrpr.esoil.ru> (дата обращения: 15.05.2024).
3. Орлов Д.С. Окислительно-восстановительный режим некоторых почв дерново-подзолистой зоны // Агрохимия. 1974. №3. С. 63-75.
4. PyQGIS Developer Cookbook [Электронный ресурс] https://docs.qgis.org/3.34/en/docs/pyqgis_developer_cookbook/index.html (дата обращения: 15.05.2024).

**ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
В СФЕРЕ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА И КАДАСТРОВ
(НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ – АЛАНИЯ)**

В статье раскрывается понятие беспилотных летательных аппаратов, рассматриваются возможности и перспективы их дальнейшего применения в сфере землеустройства и кадастров на примере Республики Северная Осетия – Алания.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, аэрофотосъёмка, землеустройство и кадастры

Shagina I.S., matveevai@inbox.ru

A.S. Pushkin Leningrad State University, St. Petersburg, Russia

**THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN THE FIELD OF LAND
MANAGEMENT AND CADASTRE (USING THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC
OF NORTH OSSETIA – ALANIA)**

The article reveals the concept of unmanned aerial vehicles, examines the possibilities and prospects for their further application in the field of land management and cadastre on the example of the Republic of North Ossetia-Alania

Keywords: unmanned aerial vehicles, aerial photography, land management and cadastres

Целью исследования является разработка предложений по использованию беспилотных летательных аппаратов (далее – БЛА) для совершенствования решения задач в области землеустройства и кадастра на примере Республики Северная Осетия – Алания.

Для достижения цели ставятся такие задачи, как раскрытие понятия БЛА; отражение положительных изменений при проведении работ в сфере землеустройства и кадастров благодаря применению БЛА; определение преимуществ, подтверждение актуальности развития данного направления с рассмотрением практических примеров; внесение предложений по дальнейшему улучшению работ в данном направлении с использованием БЛА.

В соответствии с Федеральными правилами использования воздушного пространства Российской Федерации, утвержденными Постановлением Правительства Российской Федерации от 11 марта 2010 г. № 138, БЛА – это летательный аппарат, выполняющий полёт без пилота (экипажа) на борту и управляемый в полёте автоматически, оператором с пункта управления или сочетанием указанных способов [1].

Беспилотные технологии – новшество, которое появилось ещё в прошлом веке. Если ранее они были представлены исключительно дорогостоящими и габаритными комплексами, то за последние 10 лет оборудование полностью видоизменилось. Благодаря развитию спутниковой навигации и миниатюризации систем вычислительного типа, БЛА приобрели не только новую форму, но и конструкцию. Широта применения профессионального оборудования способствуют прогрессу, высокому темпу развития и формированию новой индустрии услуг.

За последние годы сферы геодезии, картографии и пространственных данных претерпели значительные изменения благодаря развитию новых технологий, которые позволяют получать более точные данные о местности и определять координаты в любой точке земного шара с высокой точностью.

Пространственные данные важны для государственного управления, при принятии решений в различных отраслях. Большое количество данных о местности, населении, инфраструктуре и транспорте позволяет анализировать ситуацию и прогнозировать развитие инфраструктуры и общества в целом. Меняются и совершенствуются методы и технологии проведения геодезических и картографических работ [6].

Важным направлением развития является использование БЛА, позволяющих проводить аэрофотосъёмку с высоким разрешением и точностью, что позволяет получать точные данные о местности, создавать трехмерные модели объектов.

В 2019 году в центральном аппарате Росреестра начал работу центр использования БЛА для осуществления государственного земельного надзора. Создание центра явилось шагом по реализации проекта с использованием данных, полученных с помощью БЛА, для выявления нарушений земельного законодательства.

На базе центра отрабатывается технология применения БЛА для распространения на всей территории России, а именно: получение разрешений на полёты БЛА, организация и проведение полётов, обработка полученных данных [7].

Рассмотрим применение БЛА в сфере землеустройства и кадастров на примере Республики Северная Осетия – Алания.

Ещё в 2021 году в Северной Осетии начали использовать квадрокоптеры для обследования сельхозземель. Раньше для этого требовалось как минимум трое сотрудников Россельхознадзора. На процесс порой уходило несколько часов и даже дней. С появлением квадрокоптера облететь даже труднодоступные места можно всего за 20 минут. Отснятый видеоматериал направляют на подробное исследование [4].

Одним из ключевых направлений работы Росреестра является осуществление государственного земельного контроля (надзора). За последние годы развитие услуг Росреестра в области государственного земельного контроля (надзора) было направлено на повышение качества и доступности услуг, усиление контроля за использованием и охраной земель, а также совершенствование законодательства в данной сфере.

Важным шагом на пути к улучшению государственного земельного контроля стало внедрение новых технологий и автоматизация процессов. Так, Росреестр начал активно использовать БЛА для контроля использования земель, что позволило существенно повысить эффективность и оперативность проверок.

Росреестр активно сотрудничает с другими государственными органами и организациями, в частности с органами местного самоуправления, МВД, прокуратурой. Использование БЛА в работе способствует более эффективному взаимодействию с этими органами. Такое взаимодействие позволяет более эффективно осуществлять государственный земельный контроль и обеспечивать соблюдение земельного законодательства [5].

В рамках реализации государственной программы «Национальная система пространственных данных» Управление Росреестра по Республике Северная Осетия – Алания внедряет применение БЛА при осуществлении основной деятельности. БЛА позволяют выявлять реестровые ошибки, осуществлять сбор и передачу данных, проводить дистанционный мониторинг в целях формирования банка земли, обеспечения полноты и достоверности сведений Единого государственного реестра недвижимости, а также осуществления государственного земельного надзора.

Развиваются и технологии обработки данных. Современные программные средства позволяют обрабатывать большие объёмы данных с высокой скоростью и точностью. Кроме того, используются алгоритмы машинного обучения для анализа данных и прогнозирования изменений в окружающей среде.

Использование БЛА в работе способствует более эффективному взаимодействию с органами государственной власти и органами местного самоуправления, МВД и прокуратурой при проведении контрольных мероприятий. Сегодня Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии является одним из ключевых ведомств, наряду с такими службами как МЧС, Росгвардия и другими, в работе которых применяются БЛА.

По статистике в целом по стране самыми популярными видами работ, осуществляемыми с помощью беспилотных авиационных систем, являются работы в области геодезии и картографии (34%). Специалисты Управления Росреестра по Северной Осетии прошли обучение по работе с беспилотными летательными аппаратами и внедряют свои знания при проведении контрольно-надзорных мероприятий.

Как отмечает руководитель Управления Росреестра по Республике Северная Осетия – Алания Казбек Токаев, «Использование беспилотных летательных аппаратов позволяет дистанционно получать актуальные пространственные данные, в том числе в отношении объектов недвижимости. С их помощью можно обследовать территории, к которым ограничен доступ, что актуально для территории нашего региона. Кроме того, они необходимы для пополнения банка данных земли в целях вовлечения неиспользуемых земельных участков, а также установления нарушений земельного законодательства» [3].

Деятельность в области земельного кадастра или проектирования – одна из самых востребованных и сложных задач, которая требует профессиональной подготовки специалистов. Использование БЛА – действенный и доступный способ выполнения кадастровой аэрофотосъемки [2].

Соответственно, становится актуальным вопрос профессиональной подготовки компетентных кадров. Учитывая, что многие специалисты обладают большим «багажом» знаний, опыта съёмок в различных регионах и при различных погодных условиях, было бы целесообразно организовывать встречи с целью обмена опытом, в частности, конференции, семинары.

В качестве примера можно упомянуть семинары, прошедшие в 2024 году в Республике Северная Осетия – Алания.

В марте 2024 года в Управлении Росреестра по Северной Осетии прошёл обучающий семинар по теме применения БЛА при осуществлении государственного земельного надзора. Мероприятие было организовано для повышения квалификации специалистов Управления и улучшения качества работы с использованием современных технологий. В рамках семинара были рассмотрены основные аспекты применения БЛА в области мониторинга земельных ресурсов и кадастрового учёта. Участники узнали о возможностях беспилотных технологий для проведения аэрофотосъемки, обработки полученных данных и их использования в работе Росреестра.

Специалисты обсудили преимущества и недостатки разных типов БЛА и фотокамер, поделились опытом их использования в условиях городской застройки и на больших площадях. Особое внимание уделялось вопросам безопасности и соблюдения законодательства при использовании БЛА. Семинар показал, что применение беспилотных технологий в сфере Росреестра позволяет существенно повысить эффективность работы и качество проводимых проверочных мероприятий. В перспективе ведомством планируется более широкое использование БЛА для мониторинга состояния землепользования, выявления нарушений и контроля за исполнением земельного законодательства. Проведенное обучающее мероприятие способствовало повышению профессионального уровня специалистов.

В рамках реализации дорожной карты на 2022–2025 годы по оказанию методической и практической помощи Службе государственной регистрации, кадастра и картографии Республики Южная Осетия на базе Управления Росреестра по Северной Осетии прошёл практический семинар, посвящённый вопросам организации контроля за использованием и охраной земель, включая применение беспилотных авиационных систем. Мероприятие проходило 19-22 мая 2024 года во Владикавказе. После завершения теоретической части семинара прошла демонстрация осуществления полёта беспилотных авиационных систем [8].

БЛА в сфере землеустройства и кадастров – актуальное и перспективное направление, способствующее повышению эффективности работы, решению вопросов, получению необходимых данных в короткий срок.

Учитывая изложенное, в целях дальнейшего развития направления также целесообразно:

- рекомендовать делиться опытом посредством публикаций в профильных изданиях;
- практиковать курсы повышения квалификации;
- продолжить проведение тематических конференций/семинаров/круглых столов в

рамках региона или же Федерального округа, поскольку в данном случае есть возможность встречи специалистов, осуществляющих деятельность в схожих погодных условиях, при схожем рельефе, при съёмке населённых пунктов – с относительно схожей застройкой. Соответственно, подбираются определённые БЛА, съёмка проводится в определённое время суток, возникают преимущественно похожие трудности и т.п., есть возможность обсудить часто возникающие вопросы.

В части совершенствования деятельности в рассмотренном направлении с применением БЛА можно сказать о процессе последующего развития технологии съёмки, в результате чего БЛА сможет автоматически определять координаты характерных границ объектов недвижимости без необходимости обработки полученных данных и создания 2D-, 3D-модели специалистом. Соответственно, процесс получения необходимых материалов будет максимально оптимизирован.

Библиографический список

1. Постановление Правительства РФ от 11.03.2010 № 138 "Об утверждении Федеральных правил использования воздушного пространства Российской Федерации" – Текст: электронный // ГАРАНТ: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/197839/>.
2. Долгирев А.В. Использование БПЛА, квадрокоптеров при выполнении кадастровых работ // Ассоциация "Национальное объединение саморегулируемых организаций кадастровых инженеров" [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://ki-rf.ru/2020/04/30/ispolzovanie-bpla-pri-vypolnenii-kadaastrovyh-rabot>.
3. БПЛА как один из инструментов реализации госпрограммы "Национальная система пространственных данных" // "Моздокский вестник" [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://xn-dtbegghdehagnwec3cgs.xn-p1ai/bpla-kak-odin-iz-instrumentov-realizacii-gosprogrammy-natsional-naya-sistema-prostranstvennykh-dannykh.html>.
4. В Северной Осетии начали использовать квадрокоптеры для обследования сельхоз-земель // 15-й регион Информационный портал РСО-Алания [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://region15.ru/v-severnoj-osetii-nachali-ispolzovat-kvadrokoptyery-dlya-obsledovaniya-selhozzemel>.
5. К 15-летию Росреестра Новости Большого Росреестра. О развитии услуг Росреестра в сфере государственного земельного контроля (надзора) // Народная газета Кировского района РСО-Алания [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://vpered-razma.ru/4241-k-15-letiyu-rosreestra-novosti-bolshogo-rosreestra-o-razvitii-uslug-rosreestra-v-sfere-gosudarstvennogo-zemelnogo-kontrolya-nadzora.html>.
6. О развитии сферы геодезии, картографии и пространственных данных // [Электронный ресурс]: – Режим доступа: "Фидиуаг" – народная газета Пригородного района РСО-Алания <https://fiduag.ru/2380-o-razvitii-sfery-geodezii-kartografii-i-prostranstvennykh-dannykh.html>.
7. Росреестр развивает проект по использованию беспилотных летательных аппаратов с целью земельного надзора // [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://rosreestr.gov.ru/press/archive/rosreestr-razvivaet-proekt-po-ispolzovaniyu-bespilotnykh-letatelnykh-apparatov-s-tselyu-zemelnogo-na>.
8. Сотрудники Югосреестра приняли участие в практическом семинаре во Владикавказе // Государственное информационное агентство "Рес" Республика Южная Осетия [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://cominf.org/node/1166556655>.

УДК 551.509

А.А. Алексеева, В.М. Бухаров, antonida_alekseeva@mail.ru

*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации,
г. Москва, Россия*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА КОНВЕКТИВНЫХ ШТОРМОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ СЕТИ ДМРЛ-С И ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД НА ЕТР

В статье рассматривается экспериментальная технология радиолокационного мониторинга в летний период на ЕТР конвективных штормов, сопровождающихся неблагоприятными и опасными явлениями (ливнями, шквалами, градом), на основе данных сети ДМРЛ-С и численного моделирования. Пространственное разрешение выходной продукции в виде карт 0.05x0.05 град, временная детализация 10 мин. Технология функционирует в режиме реального времени.

Ключевые слова: конвективный шторм, ливень, град, шквал, данные сети ДМРЛ-С

A. Alekseeva, V. Bukharov, antonida_alekseeva@mail.ru

Hydrometeorological Research Center of the Russian Federation, Moscow, Russia

EXPERIMENTAL TECHNOLOGY OF RADAR MONITORING OF CONVECTIVE STORMS IN THE SUMMER PERIOD IN THE EPR BASED ON DMRL-S NETWORK DATA AND NUMERICAL SIMULATION

The article discusses the experimental technology of radar monitoring of convective storms in the EPR in summer, accompanied by unfavorable and dangerous phenomena (showers, squalls, hail), based on data from the DMRL-S network and numerical modeling. Spatial resolution of output products in the form of maps is 0.05x0.05 degrees, time detail is 10 minutes. The technology operates in real time.

Keywords: convective storm, shower, hail, squall, DMRL-S network data

Технология радиолокационного мониторинга конвективных штормов в летний период на ЕТР на основе данных сети ДМРЛ-С и численного моделирования разработана в рамках исследований Росгидромета. В основе технологии алгоритмы, отличные от алгоритмов, реализованных в оперативной работе локаторов ДМРЛ-С [10]. Используемые подходы к диагнозу конвективных явлений ранее зарекомендовали себя в УГМС в прогнозе таких явлений на основе данных предыдущего поколения локаторов (МРЛ-2), а также выходных данных региональной модели Гидрометцентра [2;6-8]. Методы прогноза были внедрены в практику по решениям ЦМКП, а также вошли в до сих пор действующее РД 52.27.339-93 [11]. Прогнозы конвективных опасных явлений (ОЯ) в летнее время и в настоящее время рассчитываются в оперативном режиме и передаются в УГМС ЦФО и Северный Кавказ.

Алгоритмы были доработаны, приспособлены и реализованы на информации некогерентного режима ДМРЛ-С [1;2;4-5;9]. Максимальная конвективная скорость, интенсивность ливневых осадков и шквалы трех градаций интенсивности (от 15-20; от 20 до 25 и ≥ 25 м/с) рассчитываются только по информации локаторов [7;9]. Для диагноза града дополнительно используются прогностические значения высоты нулевой изотермы, а также температуры на уровне выше нулевой изотермы на 2.5 км для отделения выпадения града от снежной и ледяной крупы в апреле, мае и сентябре [4]. Для уточнения скорости порывов ветра при шквале дополнительно используется прогностическая скорость ветра в слое 700-500 гПа. Особое

внимание уделяется шквалам градации ОЯ, т.к. именно они сопровождаются значительным ущербом, а иногда гибелью людей. Реализован еще один метод для их диагностики, в котором дополнительно используется прогностический лапласиан приземного давления [2;6;8]. Следует заметить, что прогностические данные адаптированы к данным сети локаторов, временная детализация 10 мин и пространственное разрешение 0.05x0.05 град.

Результаты диагноза записываются в оперативную базу данных (БД DW23). Кроме вышеуказанных полей рассчитывается видимость в ливневых осадках, накопленные ежекрасные и полусуточные осадки, а также явления по категориям неблагоприятные (НЯ) и ОЯ и их комплексов для удобства анализа, т.е. с их типизацией.

Состав базы данных DW23

Размещение: Lustre3.2(10.1.12.107)
 Период хранения: с 1.05 по 30.09.2023 г.
 Статические ряды
Данные диагноз на основе 10-минутных радарных метеонаблюдений
 Географические координаты:
 от 40°с.ш. до 65°с.ш.
 от 30°в.д. до 56°в.д.
 Размерность реализации: (521, 501), real
 Шаг сетки: 0,05 x 0,05°
 Задачи:
 Автор задачи А.А. Алексеева, В.М. Бухаров, В.М. Лосев

Kf = 270388

Хранимые величины	Единица измерения	Уровни (мб)	Имя поля
Статические ряды	месяц, день, час, минута, 0 (5-9,1) (1-31,1) (0-23,1) (0-50,10)		
Максимальная конвективная скорость	м/с	77 (вся атмосфера)	W77R000P
Интенсивность ливневых осадков	мм/ч	93 (подстилающая поверхность)	I93R000P
Град, выпадающий на поверхность Земли	Код (-1 – 15)		G93R000P
Шквалы в трех градациях	Код (-1 – 18)		S93R000P
Шквалы градации ОЯ	Код (-1 – 1)		O93R000P
Скорость ветра при шквалах	м/с		V93R000P
Видимость в ливневых осадках	км		D93R000P
Неблагоприятные (НЯ) и/или опасные (ОЯ) конвективные явления и их комплексы с детализацией типа явления	Код (0 – 27)		Y93R000P
Конвективные явления градации КМЯ (комплекс метеорологических явлений)	код (-1 – 7)		C93R000P

Хранимые величины	Единица измерения	Уровни (мб)	Имя поля
Статические ряды	месяц, день, час, минута, 0 (5-9,1) (1-31,1) (0-23,1) (0-50,10)		
с детализацией типа явления			
Неблагоприятные (НЯ) и опасные (ОЯ) явления погоды и/или их совокупность, сопровождающиеся ущербом	Код (-1 – 1)		U93R000P
Статические ряды	месяц, день, час, минута, широта/долгота (5-9,1) (1-31,1) (0-23,1) (0-50,10) (1-2,1)		
Координаты шквалов градации ОЯ	Градусы	93 (подстилающая поверхность)	K93R000P
Статические ряды	месяц, день, час, 0, 0 (5-9,1) (1-31,1) (0-23,1)		
Количество осадков за час	Мм	93 (подстилающая поверхность)	J93R000P
Статические ряды	месяц, день, часть суток, 0, 0 (5-9,1) (1-31,1) (6-18,12)		
Количество полусуточных осадков	Мм	93 (подстилающая поверхность)	Q93R000P

Пример диагностированной продукции приведен на рисунке.

Технология реализована на машине Asoi46a, функционирует в режиме реального времени, диагностированные каждые 10 минут в сетке 0.05x0.05 град. поля максимальной конвективной скорости, интенсивности ливневых осадков, града, шквалов в трех градациях интенсивности, скорости порывов ветра и шквалов в градации ОЯ визуализируются в виде карт, предусмотрена анимация за предыдущие два часа от срока наблюдений. Результаты диагностики второй год (кроме компьютера авторов) доступны в Гидрометцентре России синоптикам (группа синоптиков, прогнозирующая погоду по Москве) [3]. Остальные поля записываются в БД, их визуализация может осуществляться Изографом.

В 2023 г. диагностированные поля с явлениями прошли авторскую верификацию с применением в виде эталона данных метеорологических станций, автоматических метеостанций (АМС) и краудсорсинга. По всем видам эталонов показали высокую предупрежденность диагностированных конвективных явлений.

Полученные результаты исследований могут служить дополнительной информацией к данным сети ДМРЛ-С Росгидромета, функционирующих в оперативном режиме, и позволяют более взвешено дать шторм предупреждение с достаточной для принятия превентивных мер заблаговременностью.

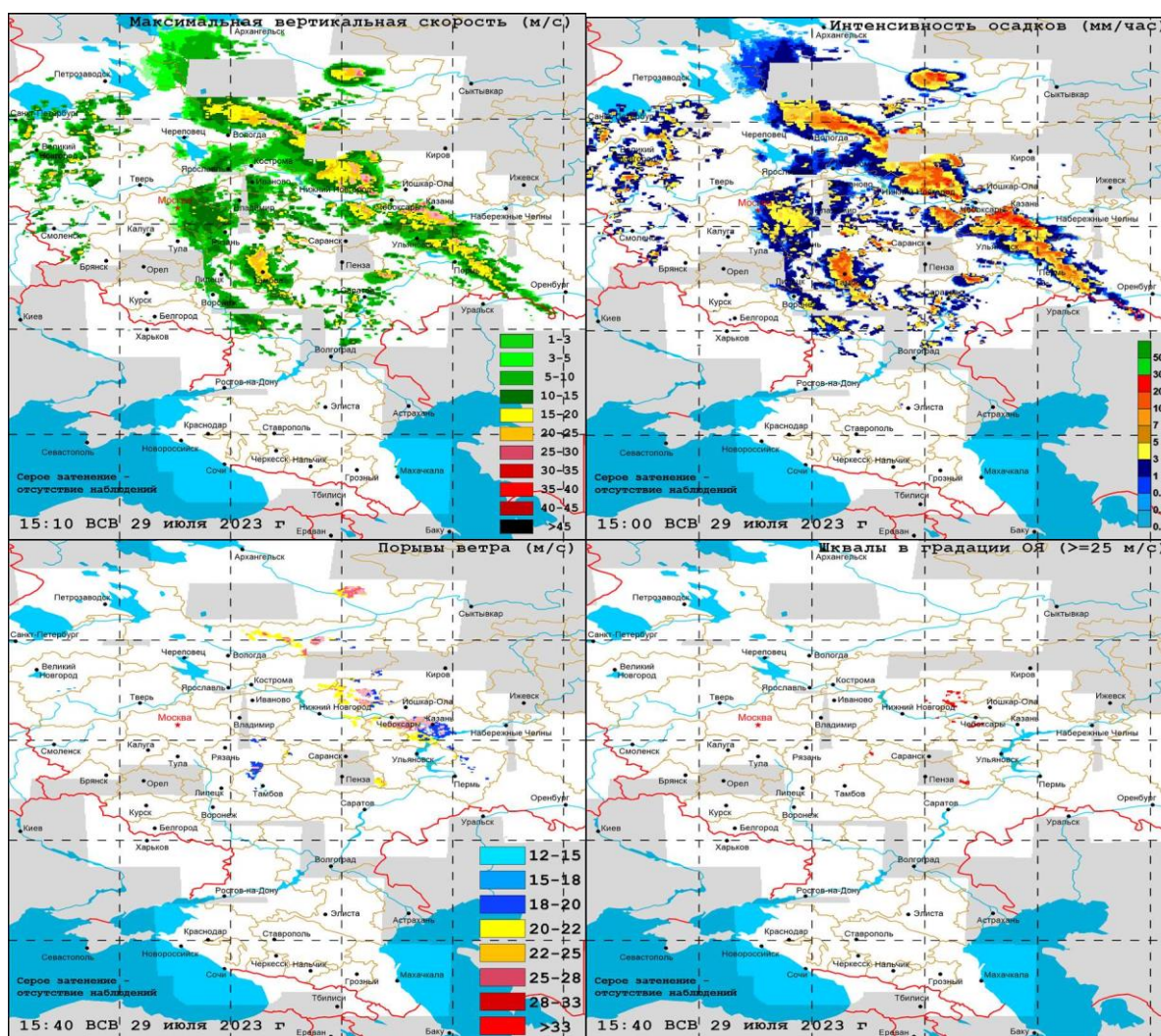


Рис. Диагностированные максимальные конвективные скорости, интенсивность осадков, скорость порывов ветра в шквале и шквалы в градации ОЯ 29.07.2023 в Среднем Поволжье по данным сети ДМРЛ-С и численного моделирования.

Исследования выполнены в рамках НИТР 1.1.5 Гидрометцентра России.

Библиографический список

1. Алексеева А.А. Особенности условий возникновения активной конвекции с сильными шквалами // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. – 2019. – № 372(2). – С. 41-58. EDN: ZTTDNR
2. Алексеева А.А. Метод прогноза сильных шквалов // Метеорология и гидрология. 2014. № 9. С. 5-15. EDN: SNIGKT
3. Алексеева А.А., Бухаров В.М., Дмитриева Т.Г., Миронова Н.С., Федоров Г.А. Возможности спутникового и радиолокационного мониторинга для предупреждения о возникновении конвективных штормов с сильными шквалами и смерчами. Тезисы доклада. Двадцатая международная конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из Космоса" 14-18 ноября 2022г. ИКИ РАН. XX.D.84 <http://conf.rse.geosmis.ru>. EDN: ZFZXNU
4. Алексеева А.А., Бухаров В.М., Лосев В.М. Диагностика града на основе данных ДМРЛ-С и результатов численного моделирования// Гидрометеорологические исследования и прогнозы. – 2023. – № 388(2). – С. 114-127. DOI: 10.37162/2618-9631-2023-2-114-127 EDN: ODNYNM

5. Алексеева А.А., Бухаров В.М., Лосев В.М. Конвективный шторм в Московском регионе 28 июня 2021 года // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. – 2022. – № 383(1). – С. 22-42. DOI: 10.37162/2618-9631-2022-1-22-42 EDN: ZTUJBM
6. Алексеева А.А., Васильев Е.В., Лосев В.М., Бухаров В.М. Современные тенденции и перспективы прогноза опасных конвективных явлений погоды. Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России: материалы III Всероссийской научно-практической конференции. Иркутск, 25-27 ноября 2020 г./ ФГБОУ ВО ИГУ". – Иркутск: Издательство ИГУ, 2020. – 1 электрон. Опт. Диск (CD-ROM). – С. 232-241. DOI: 10.26516/978-5-9624-1874-2.2020.1-465 EDN: IJUFWY
7. Алексеева А.А., Васильев Е.В., Бухаров В.М. Прогноз сильных шквалов на Европейской территории России и их идентификация доплеровскими радиолокаторами // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. – 2017. – № 363. – С. 47-64. EDN: YPZWET
8. Алексеева А.А., Лосев В.М. Прогноз опасных конвективных явлений погоды в летний период года // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. – 2019. – № 374(4). – С. 127-143. EDN: ITHTCX
9. Алексеева А.А., Песков Б.Е. Оценка максимальной скорости конвективного потока, характеристик ливневых осадков и града по радиолокационной информации // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. – 2016. – № 360. – С. 135-1482. EDN: WFGWSB
10. Методические указания по использованию информации доплеровского метеорологического радиолокатора ДМРЛ-С в синоптической практике. Третья редакция. – М., 2019. – 129 с.
11. РД 52.27.339-93 Руководство по диагнозу и прогнозу опасных и особо опасных осадков, града и шквалов по данным метеорологических локаторов и искусственных спутников Земли.

О.Ю. Антохина¹, П.Н. Антохин^{1,2}, А.В. Гочаков^{1,3}, А.А. Збираник^{1,4},
Т.Ф. Газимов^{3,4}, Antokhina@iao.ru

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

²Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

³Сибирский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт
г. Новосибирск, Россия

⁴Томский государственный университет, г. Томск, Россия

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ОСАДКИ НА ЮГЕ СИБИРИ: ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ОПРОКИДЫВАНИЯ ВОЛН РОССБИ

Юг Восточной Сибири подвержен экстремальным паводкам, что связано с его сложным рельефом и влиянием летнего муссона Восточной Азии. Начиная с 2018 года, отмечен ряд событий с экстремальными осадками в этом регионе, вызвавших наибольший ущерб за последние несколько десятков лет. В последние годы наблюдается увеличение числа экстремальных осадков и паводков, что связано с изменением климата. Эти события подчеркивают необходимость постоянного мониторинга и разработки мер по управлению рисками в регионе. В статье рассматриваются ключевые процессы распространения и опрокидывания крупномасштабных волн, а также формирования атмосферных блокингов с точки зрения формирования экстремальных осадков на юге Сибири.

Ключевые слова: волны Россби, опрокидывания, блокинги, осадки

O.Yu. Antokhina¹, P.N. Antokhin^{1,2}, A.V. Gochakov^{1,3}, A.A. Zbirannik^{1,4},
T.F. Gazimov^{3,4}, Antokhina@iao.ru

¹V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics of SB RAS, Tomsk Russia

²Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

³Siberian Regional Hydrometeorological Research Institute, Novosibirsk, Russia

⁴Tomsk State University, Tomsk, Russia

EXTREME PRECIPITATION IN SOUTHERN SIBERIA: PROPAGATION AND BREAKING OF ROSSBY WAVES

The southern part of Eastern Siberia is prone to extreme precipitation, which is associated with its complex terrain and the influence of the East Asian summer monsoon. Since 2018, a series of extreme precipitation events have been recorded in this region, causing the most significant damage in recent decades. In recent years, there has been an increase in the number of extreme precipitation events and floods due to climate change. These events highlight the need for continuous monitoring and the development of risk management measures in the region. The article examines the key processes of large-scale wave propagation and breaking, as well as the formation of atmospheric blocking, in terms of the formation of extreme precipitation in southern Siberia.

Keywords: Rossby waves, breaking, blocking, precipitation

Юг Восточной Сибири (рис. 1, черный прямоугольник) подвержен паводкам, вызванными рядом ключевых факторов [1-3 и обзоры этих работ]. Во-первых, сложный рельеф региона, включающий горные хребты и межгорные впадины, способствует накоплению и быстрому стоку воды. Во-вторых, летний муссон Восточной Азии приносит значительное количество влаги, приводя к интенсивным осадкам, которые часто вызывают наводнения. Кроме того, изменение климата увеличивает частоту и интенсивность экстремальных осадков, повышая риск паводков. С 2018 года, после окончания маловодного периода в бассейне озера Байкал, регион страдает от сильных ливней, вызывающих значительные наводнения и

наносящих ущерб инфраструктуре. Особенно опасны внезапные паводки, которые могут возникнуть из-за интенсивных и продолжительных дождей. Эти паводки часто приводят к разрушению мостов, дорог и жилых домов, нанося значительный ущерб экономике и ставя под угрозу жизни людей.

Крупномасштабная циркуляция атмосферы играет ключевую роль в формировании экстремальных осадков [1-2]. Одним из важных процессов является опрокидывание волн Россби, которые возникают в результате взаимодействия планетарных волн с атмосферными струйными течениями. Опрокидывания тесно связаны с бароклинным и баротропным жизненным циклом атмосферных вихрей [3]. На начальном этапе бароклинного роста амплитуды могут усиливать вертикальное движение воздуха, приводя к интенсивной конвекции и, как следствие, к экстремальным осадкам. Когда волны Россби достигают критической амплитуды, они могут вызвать блокирующие антициклоны (баротропная стадия), которые задерживают перемещение погодных систем и способствуют накоплению влаги в определенных регионах. Это приводит к длительным периодам интенсивных осадков и повышает риск наводнений. Таким образом, понимание механизмов крупномасштабной циркуляции и процессов, таких как опрокидывание (обрушение) волн Россби, является важным для предсказания и управления рисками экстремальных погодных явлений.

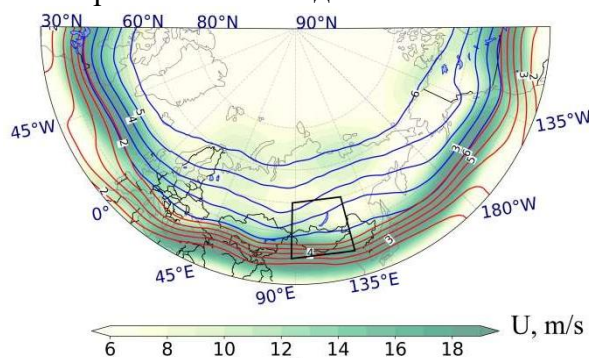


Рис. 1. Области струйных течений (горизонтальная компонента поля скорости на 300 гПа, заливка) и области субтропиков (красные линии ПЗ) и умеренных широт (синие линии ПЗ)

Область североатлантического шторм-трека представлена максимальным сгущением и сближением изолиний ПЗ умеренных широт и субтропиков. В районе юга Восточной Сибири (черный прямоугольник) существует два волновода. На основе данных Era5 [4].

В летний период юг Восточной Сибири оказывается в области соприкосновения субтропического и полярнофронтального струйных течений, часто находясь в зоне так называемого "выхода" струйного течения. В этой зоне формируется большое количество циклонических опрокидываний, которые играют ключевую роль в погодных условиях региона. Эти циклонические опрокидывания создают сильные вертикальные движения воздуха, что приводит к интенсивной конвекции и образованию мощных циклонических систем (рис. 2а,б). В результате этого процесса образуются сильные ливни, часто вызывающие экстремальные осадки и паводки. Более того, взаимодействие субтропических и полярнофронтальных струйных течений в результате циклонических опрокидываний способствует длительному удержанию атмосферных фронтов и циклонов в одном регионе, что усиливает продолжительность и интенсивность осадков. Наиболее простым способом проиллюстрировать процесс опрокидывания волн Россби является анализ потенциальной завихренности (ПЗ). Анализ ПЗ позволяет выявить области интенсивных волновых процессов и локализовать зоны необратимого перемешивания контуров ПЗ. Области с сильной деформацией контуров ПЗ отражают области обрушения волн. В качестве примера выпадения экстремального количества осадков, сопровождающегося циклогенезом при опрокидывании волн Россби, на рис. 2 показано событие 6-7 июля 2001 года. Хорошо видно, что для контуров ПЗ отмечается деформация по циклоническому типу в виде обрушающейся волны. Этот процесс сопровождается резким ростом общего влагосодержания и появлением сильных восходящих потоков в обла-

сти обрушения, по обе стороны от которой происходит уменьшение влагосодержания и усиление нисходящих потоков (рис. 2в).

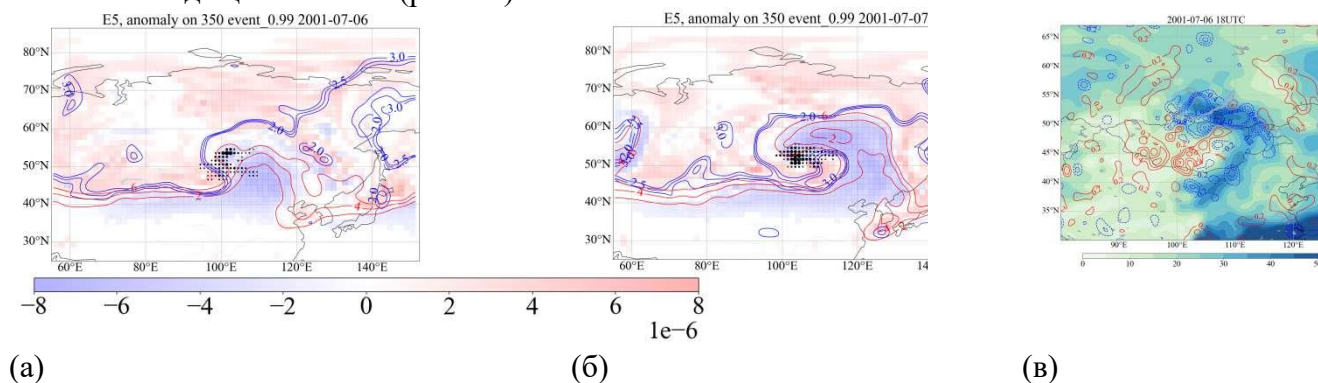


Рис. 2. Контуры ПЗ в диапазоне 2-6 ЕПЗ (единицы измерения ПЗ), для 330 К – синие, 350 К – красные. Аномалии показаны заливкой для 350 К, осадки показаны в виде точек. а – 6 июля 2001, б – 7 июля 2001. Общее количество влаги в столбе (заливка), нисходящие потоки на 500 гПа (красные) и восходящие (синие) за 6 июля 2001 18 UTC (в)
На основании данных Era5 [4].

В процессе дальнейшей трансформации волн, после выпадения экстремальных осадков в северной части обрушающейся волны (рис. 2б, область отрицательной аномалии ПЗ), как правило, формируется блокирующий антициклон. Этот антициклон может усиливаться за счет дальнейших процессов опрокидывания. Блокирующее образование с антициклонической областью в северных районах Восточной Сибири и циклонической в южных районах может длительное время поддерживать условия, способствующие пожарам и засухам на севере, при продолжающихся паводках на юге. Такая длительная устойчивость атмосферных условий приводит к значительным климатическим аномалиям, усугубляя риск экстремальных погодных явлений.

Описанный выше процесс усиления амплитуды волны и ее дальнейшего опрокидывания с формированием экстремальных осадков и появления устойчивого перераспределения влаги между севером и югом Восточной Сибири, как правило, происходит не спонтанно. Этому предшествует усиление волновых процессов, особенно в Атлантико-европейском секторе. В течение достаточно длительного времени происходит нарастание энергии, это хорошо видно в увеличении амплитуды и количества волн (нарастание волнового числа) в умеренных широтах Северного полушария. Это показано на примере двух событий – экстремальных 2018 и 2019 гг. Зачастую, осадкам предшествует циркуляционный шаблон, при котором отмечается область аномально низких значений геопотенциала в районе Британских островов и над Западной Сибирью, положительных над Европой и Восточной Сибирью (рис. 3). Причем нередко области положительных аномалий геопотенциала представлены как блокирующие антициклоны. В последние десятилетия отмечается тенденция к «зацикливанию» циркуляционных шаблонов такого типа. Это, вероятно, связано в целом с ростом амплитуды волн Россби для Северного полушария. Причин этого феномена может быть несколько, и они так или иначе связаны с изменениями климата на нашей Планете. Это и изменение ледяного покрова Арктики и связанное с этим изменение радиационного баланса в атмосфере. Изменение в температуре поверхности океана также может быть значимым фактором, поскольку генерация планетарных волн Россби существенно зависит от этого фактора. Не стоит также забывать про изменение температуры в стратосфере, так как взаимодействие между различными слоями в атмосфере также может повлиять на появление «зацикленных» режимов.

Усиление стационарности и амплитуды волн Россби, а также более частое появление блокингов, являются важнейшими причинами увеличения контрастов увлажнённости и, в частности, числа экстремальных осадков. Эти процессы приводят к длительному удержанию атмосферных систем в одном регионе, что усиливает контрастность погодных условий. Кро-

ме того, наблюдается увеличение периода засухливости между событиями с экстремальными осадками. Это способствует усилению противоположных погодных явлений, таких как сильные ливни и засухи, которые становятся более выраженными и продолжительными.

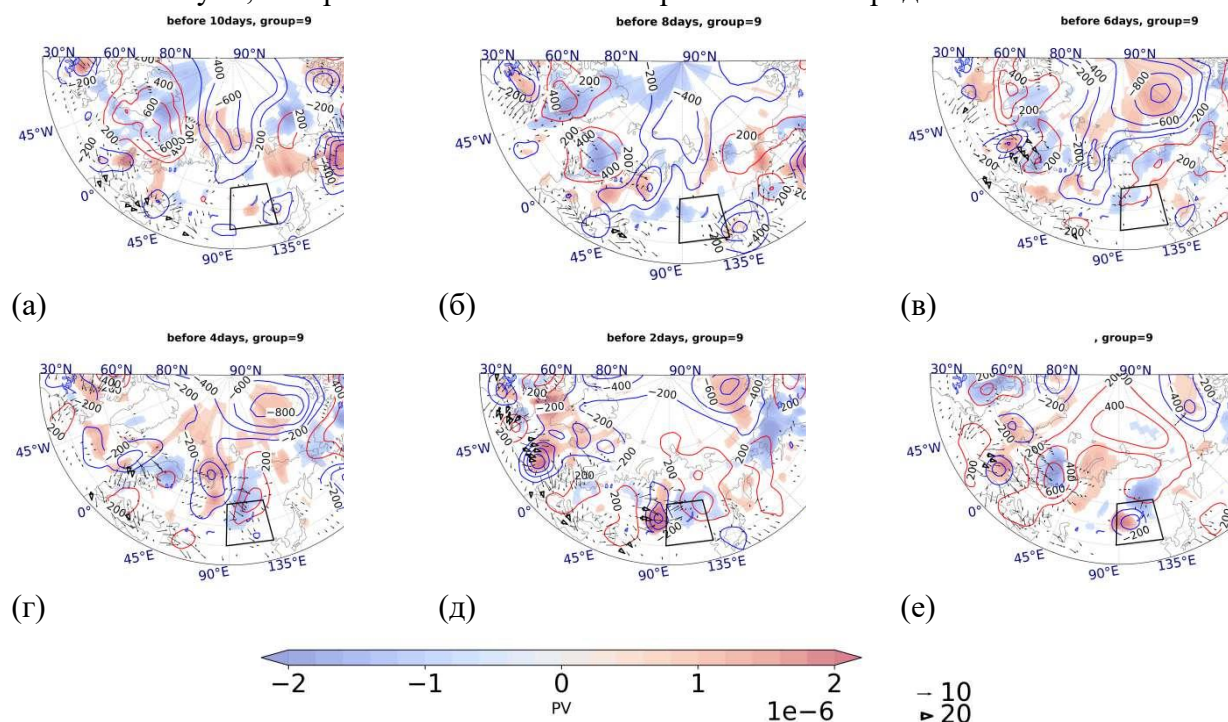


Рис. 3. Аномалии геопотенциала на 500 гПа (красные изолинии положительные аномалии, синие отрицательные) и ПЗ на 330 К (заливка), векторы горизонтального потока волновой активности на основе уравнения Пламба [5] для событий выпадения экстремальных осадков на юге Восточной Сибири в 2000-2019 гг. а – за 10 дней до события экстремальных осадков, б – за 8 дней, в – за 6 дней, г – за 4 дня, д – за 2 дня, е – событие выпадения осадков

Получено на основании данных реанализа Era5 [4].

Материалы тезисов основаны на результатах, опубликованных в работах [1-3]. При цитировании данной работы, просьба также цитировать оригинальные статьи.

Исследование выполнено при поддержке Гранта РНФ 23-27-00167 «Связь формирования экстремальных осадков на юге Сибири с процессами опрокидывания волн Россби и атмосферного блокирования» <https://rscf.ru/project/23-27-00167/>

Библиографический список

1. Antokhina O. et al. Atmospheric Circulation Patterns Associated with Extreme Precipitation Events in Eastern Siberia and Mongolia // Atmosphere. 2023. Vol. 14, № 3. P. 480. DOI: 10.3390/atmos14030480 EDN: VVLMKX
2. Antokhina O. et al. Effects of Rossby Waves Breaking and Atmospheric Blocking Formation on the Extreme Forest Fire and Floods in Eastern Siberia 2019 // Fire. 2023. Vol. 6, № 3. P. 122. DOI: 10.3390/fire6030122 EDN: UYNLNB
3. Gochakov A.V. et al. Method for Identifying and Clustering Rossby Wave Breaking Events in the Northern Hemisphere // Russian Meteorology and Hydrology. 2021. Vol. 46, № 1. P. 10-18. DOI: 10.3103/S1068373921010027 EDN: TBYLTO
4. Hersbach H. et al. The ERA5 global reanalysis // Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. 2020. Vol. 146, № 730. P. 1999-2049. DOI: 10.1002/qj.3803 EDN: DKXYTO
5. Plumb R.A. On the Three-Dimensional Propagation of Stationary Waves // Journal of the Atmospheric Sciences. 1985. Vol. 42, № 3. P. 217-229. DOI: 10.1175/1520-0469(1985)042<0217:OTTDPO>2.0.CO;2

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ГОРОДСКОЙ МЕТЕОРОЛОГИИ ДЛЯ МОСКВЫ И САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Одной из тенденций современной метеорологии является развитие погодно-климатических веб-сервисов, направленных на представление метеорологических данных — наблюдений или прогнозов — в наглядной и интерактивной форме. Такая задача особенно актуальна для крупных городов, которые, с одной стороны, особо уязвимы к опасным явлениям погоды (интересные осадки, волны жары и пр.), а с другой — сами по себе влияют на местные особенности погоды и климата. Настоящая работа посвящена разработке картографического веб-приложения “UClim” для информационной поддержки научных исследований в области городской метеорологии и климатологии, а именно: для интерактивного анализа характеристик метеорологического режима и термического комфорта в городских агломерациях по данным наблюдений метеостанций Росгидромета и персональных метеостанциях сети Netatmo. В настоящий момент веб-приложение адаптировано для регионов Москвы и Санкт-Петербурга.

Ключевые слова: климат города, городская метеорология, веб технологии, ГИС, краудсорсинг, термический комфорт, экстремальные явления погоды

M.I. Varentsov^{1,2,3}, T.E. Samsonov², A.A. Shurygina^{2,3}, Yu.I. Yarynich^{1,2,3}
mikhail.varentsov@srcc.msu.ru

¹ *Lomonosov Moscow State University, Research Computing Center, Moscow, Russia*

² *Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia*

³ *Russian State Hydrometeorological University, Saint-Petersburg, Russia*

WEB APPLICATION TO SUPPORT RESEARCH IN THE FIELD OF URBAN METEOROLOGY FOR MOSCOW AND ST. PETERSBURG

One of the trends in modern meteorology is the development of weather and climate web services aimed at presenting meteorological data — observations or forecasts — in visual and interactive form. This task is especially relevant for large cities, which, on the one hand, are especially vulnerable to dangerous weather phenomena (interesting precipitation, heat waves, etc.), and on the other hand, themselves influence the local meteorological conditions. This work is devoted to the developing a cartographic web application “UClim” for information support of scientific research in the field of urban meteorology and climatology, namely for the interactive analysis of the characteristics of the meteorological regime and thermal comfort in urban agglomerations based on observation data from Roshydromet weather stations and personal weather stations of the Netatmo network. The web application is currently adapted for the regions of Moscow and St. Petersburg

Keywords: urban climate, urban meteorology, web technologies, GIS, crowdsourcing, thermal comfort, weather extremes

Проблемы изменения климата и экстремальных явлений погоды привлекают все больше научного и общественного внимания. Климатическая повестка особо актуальна для крупных городов, которые, с одной стороны, особо уязвимы к опасным явлениям погоды (интенсивные осадки, волны жары и пр.), а с другой — сами по себе влияют на местные особенности погоды и климата, становясь за счет этого горячими точками глобального потепления [1]. Ярким примером такого влияния является хорошо известный эффект городского острова тепла [2], приводящего к усилению в городах волн жары, ухудшению условий термического комфорта и негативным последствиям для здоровья населения [3]. Другой пример — тенденция интенсификации над городами конвективных процессов и связанных с ними осадков [4,5]. Все это определяет актуальность фундаментальных и прикладных исследований в области городской метеорологии, которая как раздел науки о погоде и климате стремительно развивается последние десятилетия.

На фоне развития веб-технологий с одной стороны, и роста научного и общественного интереса к вопросам окружающей среды и климата с другой, все большую популярность приобретают погодно-климатические веб-сервисы, предоставляющие информацию о состоянии атмосферы в наглядном формате интерактивных веб-карт. Такие сервисы могут быть направлены на распространение информации о прогнозе погоды, данных оперативного мониторинга или ретроспективных данных, ориентированы на максимально широкую аудиторию или на целевые группы пользователей. В качестве примеров погодно-климатических сервисов можно привести популярные погодные сервисы (Windy, Ventusky); картографические сервисы по отображению данных различных официальных и любительских сетей мониторинга; сервисы для работы с данными расчётов климатических моделей.

Погодно-климатические веб-сервисы, так или иначе ориентированные на города, не являются редкостью. Они могут быть направлены на отображение данных специализированных систем городского мониторинга (например, веб-карта загрязнения воздуха в Москве на сайте ГПБУ «Мосэкомониторинг», mosecom.mos.ru/karta/) или результатов моделирования высокого разрешения (например, тепловые карты городов от компании Meteoblue, <https://www.meteoblue.com/ru/products/cityclimate/>). Однако, чаще всего такие сервисы направлены главным образом на демонстрацию возможностей той или иной системы мониторинга или технологии моделирования, и не предоставляют ни доступа к ретроспективным данным, ни каких-либо интерактивных инструментов для их анализа, и поэтому остаются весьма ограниченно применимыми в исследовательских или образовательных задачах городской метеорологии.

Настоящая работа посвящена опыту разработки картографического веб-приложения “UClim” для информационной поддержки научных исследований в области городской метеорологии. Главной задачей веб-приложения является предоставление пользователям информации о погоде, климате и условиях термического комфорта в крупных городах и их окрестностях по данным доступных наблюдений, а также набора интерактивных инструментов для анализа этих данных. Работа является следующим шагом развития веб-приложения “Mosclim”, ранее разработанного для Московского региона [1,2], и заключается в реализации в рамках веб-приложения новых аналитических возможностей, а также в его масштабировании на другие города. В настоящий момент веб-приложение “UClim” адаптировано для регионов Москвы и Санкт-Петербурга.

В качестве исходных данных в веб-приложении используются наблюдения на метеостанциях Росгидромета и персональных метеостанций сети Netatmo (netatmo.com). Число метеостанций Netatmo во многих крупных городах превышает несколько тысяч, что делает их наблюдения особо ценными для исследования городского климата несмотря на необходимость тщательного контроля их качества [8,9]. Данные из обоих источников в приложении доступны с 3-х часовой дискретностью и обновляются в режиме, приближенном к реальному

времени, с задержкой в 1-2 часа. На основе поступающих данных оперативно рассчитываются современные индексы термического комфорта *UTCI* (*Universal Thermal Comfort Index*) и *PET* (*Physiological Equivalent Temperature*), которые характеризуют «ощущаемую температуру» на основе энергобалансовых моделей человеческого организма с учетом влияния влажности, скорости ветра и солнечной радиации.

На текущий момент в веб-приложении реализованы следующие интерактивные аналитические инструменты для работы с данными:

- расчет и отображение на карте результатов статистической агрегации (например, осреднения или суммирования) исходных данных за различные временные периоды (сутки, месяцы, годы);
- построение графиков временной динамики метеовеличин для выбранных метеостанций на различных временных масштабах;
- отображение отклонений метеовеличин от средних по региону фоновых значений, что удобно для анализа пространственно-временной изменчивости городских погодноклиматических аномалий, таких как эффект острова тепла;
- выбора способа картографического отображения (визуализация по исходным местоположениям и/или в форме изолиний).

Серверная часть веб-приложения включает базу данных PostgreSQL; набор программ для загрузки и обработки данных на языках программирования R и Python, а также обработчик запросов с клиентской части на базе Node.js (nodejs.org/en/). Загрузка данных Netatmo и Росгидромета происходит через запросы к Netatmo Weather API и парсинг из открытых источников в Интернете (с веб-сайта pogodaiklimat.ru) соответственно. Обработка данных включает процедуры контроля качества и выбраковки данных Netatmo по методике из работы [9] и расчет индексов термического комфорта с использованием библиотеки *pythermal-comfort* [10] для языка программирования Python.

Интерфейс клиентской части разработан на основе фреймворка Vue и библиотеки построения интерфейсов Vuetify. Для построения графиков использована библиотека *plotly*. Интерполяция геополей реализована на клиентской стороне приложения средствами библиотеки *turfjs* с использованием методов обратно-взвешенных расстояний (IDW) или радиальных базисных функций (RBF). Для статистической агрегации по времени реализован набор агрегирующих SQL-запросов к базе данных, что позволяет выполнять необходимые расчеты по запросу пользователя. Текущая версия приложения поддерживает только два вида агрегации – осреднение и суммирование, последние применяются к данным об осадках для расчета их суточных, месячных и годовых сумм. Однако, используемая архитектура позволяет легко добавить и другие виды агрегации – расчеты минимальных и максимальных значений, перцентилей и пр.

Для демонстрации возможностей веб-приложения в нем реализован интерактивный каталог показательных метеособытий, включающих экстремумы температуры и термического стресса, примеры ярко выраженного городского острова тепла, интенсивных осадков и их усиления над городом. Каталог реализован в форме картотеки и дополнен научно-популярным описанием метеособытий, а также естественных и антропогенных факторов их формирования. Описания метеособытий подготовлены в виде файлов в формате Markdown с текстом, иллюстрациями и ссылками на источники. Для Московского региона каталог включает 12 показательных метеособытий различных видов; ведется работа по формированию подобных материалов и для Санкт-Петербурга.

На рис. показан пример работы веб-приложения для случая с ярко-выраженным эффектом городского острова тепла в Москве. Веб-приложение доступно в Интернете по адресу <http://carto.geogr.msu.ru/uclim>, резервная версия доступна по адресу <http://93.180.9.222/uclim/#/>.

В рамках дальнейшего развития веб-приложения планируется его адаптация для большего числа городов; подключение новых источников метеорологических данных, например официальных и краудсорсинговых наблюдений за качеством воздуха; реализация новых интерактивных инструментов анализа данных; реализация возможности использования в качестве базового слоя специализированных растровых данных, характеризующих свойства городской поверхности, например данных о типах земельного покрова и локальных климатических зонах [11]; внедрение новых подходов к интерполяции данных, в т.ч. с использованием методов машинного обучения.

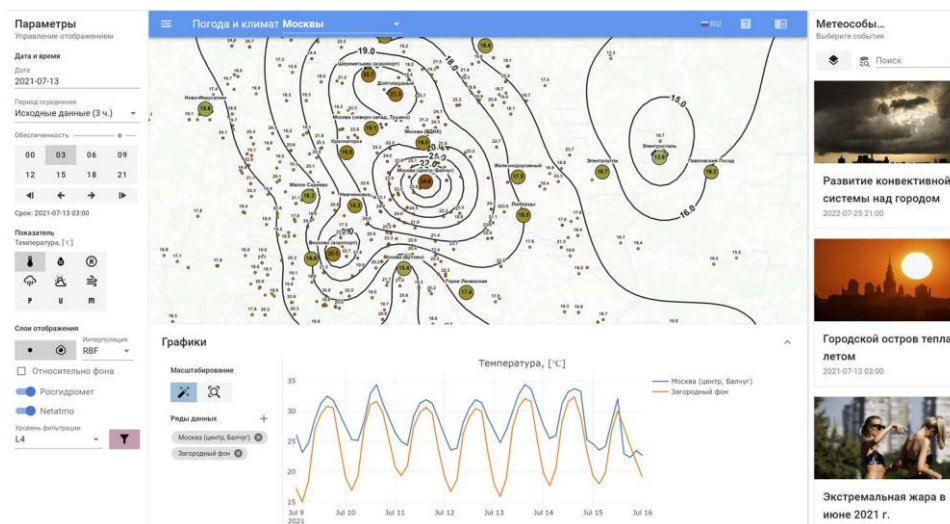


Рис. Пример работы картографического веб-приложения для случая с ярко-выраженным эффектом городского острова тепла в Москве летом 2021 г.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 23-77-30008.

Библиографический список

1. IPCC. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / ed. Pörtner H.-O. et al. Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press, 2022.
2. Oke T.R., Mills G., Christen A., Voogt J.A. Urban Climates. Cambridge: Cambridge University Press, 2017. 509 pp. DOI: 10.1017/9781139016476 EDN: VDFXDY
3. Wong K. V., Paddon A., Jimenez A. Review of World Urban Heat Islands: Many Linked to Increased Mortality // J Energy Resour Technol. 2013. Vol. 135, № 2. P. 1-12. DOI: 10.1115/1.4023176
4. Han J.Y., Baik J.J., Lee H. Urban impacts on precipitation // Asia Pac J Atmos Sci. 2014. Vol. 50, № 1. P. 17-30. DOI: 10.1007/s13143-014-0016-7 EDN: SSNRBH
5. Liu J., Niyogi D. Meta-analysis of urbanization impact on rainfall modification // Sci Rep. Springer US, 2019. Vol. 9, № 1. P. 1-14. DOI: 10.1038/s41598-019-42494-2 EDN: YWDDFC
6. Varentsov M.I., Samsonov T.E., Kargashin P.E., Korosteleva P.A., Varentsov A.I., Perkhurova A.A., Konstantinov P.I. Citizen weather stations data for monitoring applications and urban climate research: an example of Moscow megacity // IOP Conf Ser Earth Environ Sci. 2020. Vol. 611, № 1. P. 012055. DOI: 10.1088/1755-1315/611/1/012055 EDN: USNZQN

7. Варенцов М.И., Самсонов Т.Е., Шурыгина А.А., Каргашин П.Е., Ярынич Ю.И., Константинов П.И. Картографическое веб-приложение для анализа метеорологических условий и термического комфорта в Московском мегаполисе // Международная конференция и школа молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды ENVIROMIS-2022. 2022. С. 402-405. EDN: XGWNIM
8. Meier F., Fenner D., Grassmann T., Otto M., Scherer D. Crowdsourcing air temperature from citizen weather stations for urban climate research // Urban Clim. 2017. V. 19. P. 170-191. DOI: 10.1016/j.uclim.2017.01.006
9. Varentsov M., Fenner D., Meier F., Samsonov T., Demuzere M. Quantifying Local and Mesoscale Drivers of the Urban Heat Island of Moscow with Reference and Crowdsourced Observations // Front Environ Sci. 2021. Vol. 9. P. 7169681. DOI: 10.3389/fenvs.2021.716968 EDN: XAETRV
10. Tartarini F., Schiavon S. pythermalcomfort: A Python package for thermal comfort research // SoftwareX. Elsevier B.V., 2020. Vol. 12. P. 100578. DOI: 10.1016/j.softx.2020.100578 EDN: CSENOE
11. Самсонов Т.Е., Тригуб К.С. Картографирование локальных климатических зон Москвы по космическим снимкам // Геодезия и картография. 2018. Т. 79. № 6. С. 20-31. DOI: 10.22389/0016-7126-2018-936-6-14-25 EDN: UUCPIE

ОЦЕНКА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОГО УРАЛА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И СТАНЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Используя данные инструментальных измерений метеорологической сети Росгидромета, были вычислены значения индексов пожарной опасности весенне-осеннего периода (май-сентябрь) с 1978 по 2022 гг. для территории Южного Урала. Базой для анализа послужили спутниковые данные NASA по тепловым аномалиям с 2001 г, мониторинга лесных пожаров со спутника Terra-MODIS, а также суточные данные станционных наблюдений приповерхностной температуры воздуха, сумм атмосферных осадков, скорости ветра, показателя увлажнения, дефицита точки росы и числа дней после дождя. Произведен корреляционный анализ между фактическими данными о лесных пожарах и критическими значениями индексов пожарной опасности. Установлена тесная связь между аномально теплыми и засушливыми годами с экстремальными значениями индексов пожарной опасности.

Ключевые слова: метеорологические параметры, лесные ресурсы, лесная пирология, индексы пожарной опасности, спутниковые наблюдения.

D. Vasil'ev^{1,2}, O. Christodulo¹, vasiliev.dyu@uust.ru

¹ Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

² Steppe Institute, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

ASSESSMENT OF METEOROLOGICAL CONDITIONS OF WILDFIRES ON THE SOUTHERN URAL TERRITORY ACCORDING TO REMOTE SENSING AND GROUND MEASUREMENTS

Using data from instrumental measurements of the Roshydromet meteorological network, the values of fire hazard indices for the spring-autumn period (May-September) from 1978 to 2022 were calculated for the Southern Ural territory. The basis for the analysis was NASA satellite data on thermal anomalies since 2001, wildfire monitoring from the Terra-MODIS satellite, as well as daily data from station observations of surface air temperature, atmospheric precipitation, wind speed, moisture index, dew point deficit and the number of days after rain. A correlation analysis was carried out between actual data on forest fires and critical values of fire hazard indices. A close statistical relationship was established between anomaly warm and dry years with extreme values of fire hazard indices.

Key words: meteorological parameters, forest resources, forest pyrology, fire hazard indices, satellite observations.

Глобальное потепление климата и увеличение частоты экстремально жарких условий способствуют возникновению лесных пожаров [8, 9]. Крупные лесные пожары сопровождаются эмиссиями аэрозолей в атмосферу и существенным увеличением концентрации ядовитых примесей, что приводит к тяжелым экологическим и экономическим последствиям для отдельных регионов и стран [1, 3–7, 10]. Метеорологические условия являются основным фактором возникновения лесных пожаров, а оценка этих условий является насущной научно-практической задачей. Для оценки метеорологических условий пожарной опасности в гидрометеорологической практике используются индексы пожарной опасности, в нашей стране – это комплексный показатель пожарной опасности В.Г. Нестерова, в других странах

– индекс лесной пожарной опасности А.Г. Макартура. Краткое описание и вычислительные процедуры по этим индексам приведены в работах [2, 8].

В проведенном исследовании вычислительной базой послужили данные измерений с 12 метеорологических станций (МС) наблюдательной сети Росгидромета (<https://www.meteorf.ru>), за 1978-2022 гг., расположенные на территории Южного Урала (Рис. 1.). Также в работе были использованы данные космической съемки пожаров со спутника Terra-MODIS (<https://terra.nasa.gov/areas/modis>) и тепловых аномалий с сервера NASA (<https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov>).

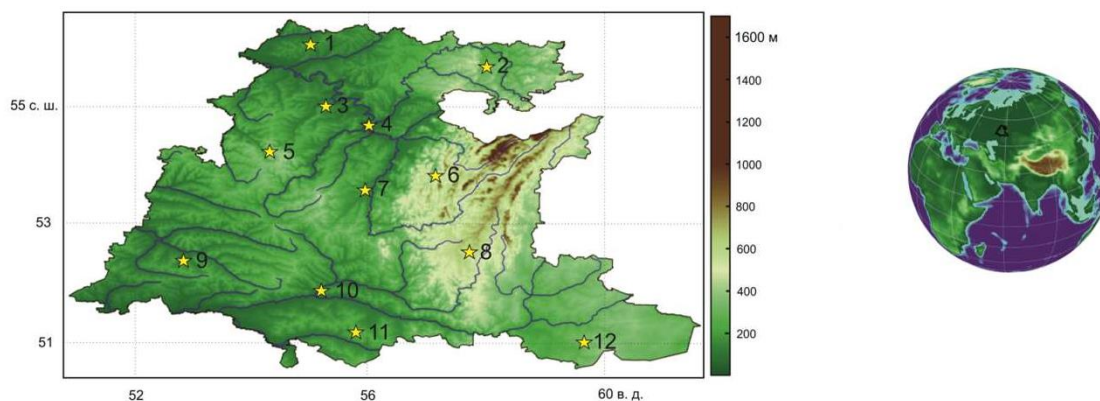


Рис. 1. Расположение метеорологических станций сети Росгидромета: 1. МС Янаул, 2. МС Дуван, 3. МС Кушнаренково, 4. МС Уфа, 5. МС Аксаково, 6. МС Тукан, 7. МС Стерлитамак, 8. МС Зилаир, 9. МС Сорочинск, 10. МС Оренбург, 11. МС Акбулак, 12. МС Домбаровский

По двум индексам пожарной опасности были вычислены суточные значения, так как их средние многолетние значения малоинформативны, поскольку плотность распределения их значений имеют сильную асимметрию и критические значения редко встречаются. С учетом этого были использованы следующие характеристики: максимальное значение индекса за сезон или месяц и число дней в сезон или месяц со значением индекса выше критического. С учетом физико-географических условий исследуемого региона анализировались данные с мая по сентябрь месяцы, поскольку именно на этот период приходится максимум возгораний.

Необходимо учесть тот факт, что территория Южного Урала характеризуется сложной орографией, используемая метеорологическая наблюдательная сеть неравномерная, а лесные массивы составляют 21% от общей площади исследуемого региона (Республика Башкортостан и Оренбургская область). На рисунке 2, а-б приведены результаты вычислений индексов пожарной опасности на примере МС Тукан, которая расположена в горно-лесной зоне Башкирии.

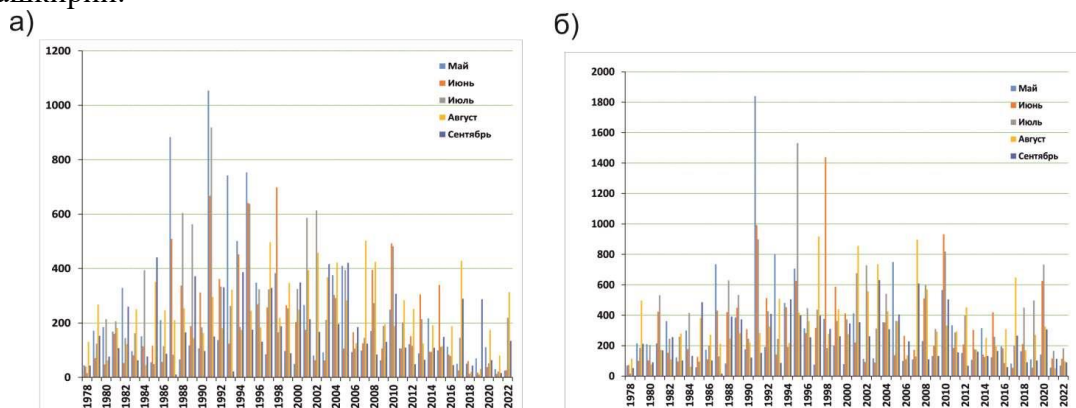


Рис. 2. Динамика максимальных значений индексов пожарной опасности по данным наблюдений МС Тукан. а) комплексный показатель пожарной опасности В.Г. Нестерова, б) индекс лесной пожарной опасности А.Г. Макартура

Для обоих индексов пожарной опасности установлена общая тенденция увеличения числа дней с максимальными значениями выше критических с 1995–2000 гг. На всех МС в июле месяце с 2000-2005 гг. отмечен наибольший рост числа дней со значениями индексов пожарной опасности выше критических. Выявлено совпадение экстремальных значений индексов пожарной опасности с наиболее засушливыми периодами. Установлено совпадение экстремально высоких значений индексов пожарной опасности с датами действия пожаров. На рисунке 3, а-б приведены спутниковые снимки исследуемой территории в разные дни: 11 июня 2021 г. – с низким значением индексов пожарной опасности и 8 июля 2022 г., когда значение индексов выше критических, на котором отчетливо видны очаги пожаров.

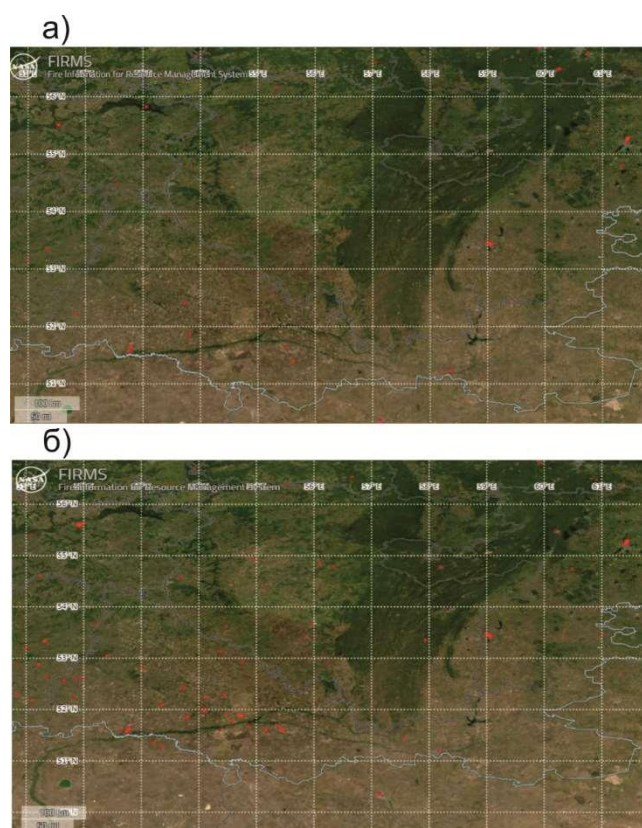


Рис. 3. Съемки со спутника Terra-MODIS территории Южного Урала:
а) 11.06.2021 г.; б) 08.07.2022 г. Красными пикселями обозначена локализация пожаров, серыми линиями – границы государств и регионов

Проведенный пространственно-временной анализ индексов пожарной опасности позволил оценить пожарную опасность на территории Южного Урала за 45-летний период. Полученные массивы данных по индексам пожарной опасности могут быть использованы в климатических прогнозах для оценки пожарной обстановки по метеорологическим условиям. Индексом лесной пожарной опасности и комплексный показатель пожарной опасности по-разному отражают метеорологические условия, поскольку индекс Макартура помимо метеорологических факторов учитывает экологические. Необходимо заключить, что пожары, в том числе и природные (лесные), могут быть также обусловлены и антропогенной деятельностью.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках темы Государственного задания № АААА-А21-121011190016-1.

Библиографический список

1. Алексеева М.Н., Пустовалов К.Н., Головацкая Е.А., Яценко И.Г. Расчет аэрозольных выбросов от пожаров в Томской области на основе дистанционных данных // Оптика атмосферы и океана. 2020. Т. 33. № 9. С. 742-747. DOI: 10.15372/AOO20200912 EDN: VYTSVT
2. Васильев Д.Ю., Кучеров С.Е., Семенов В.А., Чибилев А.А. Оценка метеорологических факторов пожарной опасности на территории Южного Урала // География и природные ресурсы. 2022. №2. С. 161-168. DOI: 10.15372/GIPR20220217 EDN: KYPOZW
3. Голубева Л.В., Латышева И.В., Локощенко К.А., Щеблыкин А.С. Исследование влияния метеорологических факторов на возникновение и распространение лесных пожаров в Иркутской области // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2017. Т. 22. С. 30-40. EDN: ZSIZOJ
4. Горбатенко В.П., Ершова Т.В. Роль климатических факторов в возникновении лесных пожаров на территории Томской области // Сибирский экологический журнал. 2006. Т. 13. № 2. С. 151-155. EDN: KWKHTV
5. Мазуров Г.И., Акселевич В.И. Анализ причин возникновения сильных пожаров в Красноярском крае и их связь с метеорологическими параметрами // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2017. № 587. С. 153-172. EDN: YSLVNI
6. Подрезова Ю.А. Оценка климатических факторов риска пожарной опасности леса на исследуемых территориях Воронежской и Калужской областей в сезон 2022 г. // Географический вестник. 2024. № 1. С. 138-150. DOI: 10.17072/2079-7877-2024-1-138-150 EDN: CIBRLO
7. Софронова Т.М., Волокитина А.В., Софронов М.А. Оценка пожарной опасности по условиям погоды в горных лесах Южного Прибайкалья // География и природные ресурсы. 2008. № 2. С. 74-80. EDN: JULSUB
8. Шерстюков Б.Г. Количественные оценки метеорологических факторов горимости леса // Труды ВНИИГМИ – Мирового центра данных. 2014. № 117. С. 149-159. EDN: ZZCZGX
9. Шихов А.Н., Чернокульский А.В., Калинин Н.А., Пьянков С.В. Ветровалы в лесной зоне России и условия их возникновения. Пермь: Изд-во ПГНИУ, 2023. 284 с. ISBN: 978-5-7944-4009-6 EDN: WSTBAY
10. Perevedentsev Y., Sherstyukov B., Gusarov A., Aukhadeev T., Mirsaeva N. Climate-Induced Fire Hazard in Forests in the Volga Federal District of European Russia during 1992-2020 // Climate. 2022. V. 10. № 7. DOI: 10.3390/cli10070110 EDN: WIFGSO

ОЦЕНКА МОДЕЛИ ПЕРЕХВАТА ОСАДКОВ В КОМПЛЕКСЕ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ АТМОСФЕРЫ И РЕЧНОГО ВОДОСБОРА

Представлена модель перехвата осадков бореальными лесами на водосборе р. Кувы в бассейне р. Камы. Прогноз расходов воды был построен на численной глобальной модели атмосферы GFS и гидравлической модели RiverFlow2D. Исследовался дождливый период после схода снежного покрова в мае и июне 2017 г. Результаты объединения моделей показали незначительное улучшение качества прогноза расходов воды после применения модели перехвата осадков.

Ключевые слова: перехват осадков лесом, прогноз расходов воды, численная модель атмосферы, гидравлическая модель водосбора

A.L. Vetrov¹, S.V. Kostarev¹, A.A. Tiunov^{2,3}, vetrov@psu.ru

¹Perm State University, Perm, Russia

²Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Perm, Russia

³Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Kama Branch,
Perm, Russia

ESTIMATION OF THE PRECIPITATION INTERCEPTION MODEL IN A COMPLEX OF NUMERICAL MODELS OF THE ATMOSPHERE AND RIVER CATCHMENT

A model of precipitation interception by boreal forests in the Kuva River catchment in the Kama River basin is presented. The water flow forecast was based on a numerical global prediction GFS and a hydraulic RiverFlow2D model. The rainy period after the snowfall in May and June 2017 was studied. The results of combining the models showed a slight improvement in the quality of the forecast of water consumption after the application of the precipitation interception model.

Keywords: interception of precipitation by forest, forecast of water consumption, numerical model of the atmosphere, hydraulic model of the catchment area

Увеличение числа интенсивных осадков на Европейской территории России и на Урале создает риски для промышленных предприятий, инфраструктуры водопользователей и объектов транспортной сети. Сложность прогнозирования таких событий может быть решена путем последовательного комбинирования численных гидродинамических моделей атмосферы и гидравлических моделей водосборов.

Важное связующее звено в совместной работе моделей атмосферы и гидросферы – это деятельный слой, обеспечивающий инфильтрацию и испарение. Один из самых сложных для моделирования тип подстилающей поверхности — это растительных покров. Древесный растительный покров способен в значительной степени накапливать, а потом испарять задержанные осадки. Этот эффект может быть использован с целью минимизации эрозионного воздействия ливневых осадков на склоны оврагов, отвалы легкорастворимых пород, в городском хозяйстве с целью уменьшения нагрузки на системы ливневой

канализации. В связи с этим исследование задерживающей функции полога леса сама по себе важная научная задача.

В работе использовались результаты прогноза осадков численной гидродинамической модели GFS в мае и июне 2017 г. для водосбора р. Кува в бассейне р. Кама. Процесс движения воды по водосбору прогнозировался гидравлической моделью RiverFlow2D. Модель была настроена на отсутствие просачивания в воды в деятельном слое, для первых недель после схода снежного покрова, когда почва насыщена влагой, такое допущение возможно.

Для определения границ водосбора и выполнения гидравлических расчетов была создана цифровая модель рельефа на основе цифровых топографических карт Роскартографии от 2006 г. масштаба 1:100000 в геоинформационной системе ArcMap 10.4 (размер ячейки 30 м). Расчеты проводились с применением модулей GDAL и SAGA, доступных в геоинформационном пакете программ QGIS 3.6.1. Устранение локальных понижений рельефа, задерживающих поток воды, производилось методом, предложенным в работе [5]. Водосбор р. Кува до замыкающего створа гидрологического поста Кува имеет следующие характеристики: минимальная абсолютная высота 165 м, максимальная абсолютная высота 335 м, средняя абсолютная высота 230 м, площадь водосбора 261 км².

Создание карты максимальной величины выпавших осадков, задерживаемой лесной растительностью, производилось с применением продуктов обработки данных дистанционного зондирования Земли. Для расчетов использовался растр с пространственным разрешением 30 м, полученный с использованием снимков со спутника Landsat-8 и содержащий информацию о типах растительности на территории Пермского края [2]. Кроме того, применялись растровые данные о величине сомкнутости древостоя и высоте деревьев с пространственным разрешением 30 м [4]. Обработка исходных данных и расчеты проводились в ГИС QGIS 3.6.1. Установлено, что на 86% площади водосбора произрастают смешанные или лиственные леса. Половина водосбора (50,7%) – смешанные леса с преобладанием лиственных пород. Оставшуюся часть водосбора занимают в основном безлесные территории: заброшенные пахотные земли и пастбища (4,7%), а также вырубки, гари и ветровалы (6,6%). Вклад остальных типов поверхности незначителен.

Первый этап обработки данных представлял собой приведение растров к единому пространственному разрешению (30 м) методом «ближайшего соседа». Далее на основании соотношений, приведенных в работе [1] и с использованием калькулятора растров были определены значения максимального перехвата осадков лесной растительностью. В упрощенном виде алгоритм расчетов для каждого пикселя может быть представлен в следующем виде:

1. Определение величины фитомассы (F) в зависимости от состава лесных насаждений и высоты деревьев.
2. Расчет листового индекса (LAI) с учетом его зависимости от фитомассы (F).
3. Нахождение максимальной величины перехвата (h) с учетом сомкнутости древостоя и эмпирического коэффициента, характеризующего состав лесных насаждений.

На большей части водосбора величина максимального слоя перехвата составляет 4-5 мм. В юго-восточной и центральных частях водосбора, где сомкнутость древостоя меньше, чем на остальной территории, отмечаются участки с максимальным слоем перехвата 2-3 мм.

Алгоритм расчета количества осадков, достигших земной поверхности.

Модель определения количества осадков, задержанных лесной растительностью, а также осадков, достигших земной поверхности (R_n), приведена в исследовании [3]. В настоящей работе, в связи с отсутствием необходимости учитывать суммарное воздействие за период выпадения осадков, разработана безрезервуарная схема определения величины перехвата.

Расчеты производились с временным шагом в 24 ч в геоинформационной системе QGIS. Модель была создана с использованием инструмента для визуального программирования Model Builder. В модели фигурируют следующие входные параметры:

R – сумма осадков по глобальной численной модели атмосферы Global Forecast System (GFS) (мм/24 ч);

E – испарение (GFS) (мм/24 ч),

S_{\max} –максимально возможный слой перехвата осадков (мм),

S_0 – осадки, задержанные кронами деревьев накануне, но не испарившиеся с них (мм).

Препроцессинг данных включает в себя суммирование прогностических осадков по модели GFS за трехчасовые временные промежутки (величина R), а также определение суточного испарения с поверхности кроны (E). В рамках данного исследования принято, что испарение равно суточной испаряемости (E'_{24}). Величина испаряемости получена как результат расчетов модели GFS с временным интервалом 3 ч (E'_3 , Вт/м²). Формула для определения суточного испарения (E , мм/24 ч) имеет вид:

$$E = 0,0044 * \sum_{i=1}^8 E'_3$$

Количество осадков, задержанных накануне лесной растительностью и не испарившихся (S_0) определяется в результате последовательных расчетов модели. Для первого дня расчетов во всех ячейках раstra задано начальное условие $S_0 = 0$.

На первом этапе вычисляется слой осадков, который остается на кронах деревьев после испарения за текущий день (Y , мм):

$$\begin{aligned} Y &= S_0 - E \\ [Y > 0 \rightarrow Y = Y] \\ [Y \leq 0 \rightarrow Y = 0] \end{aligned}$$

Далее определяется количество осадков, которые проходят сквозь кроны и достигают поверхности почвы (R_{π} , мм):

$$\begin{aligned} R_{\pi} &= R - S_{\max} + Y \\ [R_{\pi} > 0 \rightarrow R_{\pi} = R_{\pi}] \\ [R_{\pi} \leq 0 \rightarrow R_{\pi} = 0] \end{aligned}$$

На следующем этапе вычислений рассчитывается количество осадков, выпавших за текущий день и перехваченных лесной растительностью (X , мм):

$$\begin{aligned} [R_{\pi} > 0 \rightarrow X = S_{\max} - Y] \\ [R_{\pi} = 0 \rightarrow X = R] \end{aligned}$$

Последним шагом служит расчет величины S_0 (мм) для следующих суток: $S_0 = X + Y$

Результаты.

Для оценки величины перехвата осадков лесной растительностью на водосборе р. Кува исследован летний сезон 2017 г., когда на ближайшей метеостанции Кудымкар выпадали сильные осадки или осадки умеренной интенсивности, сопоставимые со значениями слоя максимально возможного перехвата осадков (около 5 мм). С применением данного критерия удалось выделить пять периодов (табл.). Указанные периоды отличаются по продолжительности и интенсивности дождей, но для оценки доли перехваченных осадков более важным является различная динамика их выпадения внутри исследуемых временных периодов. В табл. представлены основные статистические характеристики растровых слоев, представляющих собой отношение количества осадков (f), проникших в почву (R_{π}), к сумме выпавших на водосборе осадков (R):

$$f = \frac{100 * R_{\pi}}{R}$$

Статистические характеристики доли осадков (f , %), достигающих земной поверхности

п/п	Период	Минимум	Среднее	Стандартное отклонение
1	7-19 июня	33,0	56,0	22,8
2	23-27 июня	17,0	53,5	24,0
3	2-8 июля	68,1	81,5	9,8
4	14-26 июля	24,0	52,7	24,4
5	8-10 сентября	69,6	83,1	8,7

Из таблицы следует, что выбранные периоды могут быть разделены на две группы: с большой (3 и 5) и малой (1, 2, 4) долей осадков, проникших в почву сквозь кроны деревьев. Для первой группы величина f в среднем по водосбору равна 82%, а для второй группы составляет 54%. Отличия статистических характеристик относительной доли осадков, проникающих в почву, объясняются различным характером выпадения осадков в пределах выбранных периодов.

При использовании разработанной модели перехвата осадками средняя абсолютная ошибка прогноза расходов воды составила 4,7 м³/с. Использование модели RiverFlow2D без учета перехвата увеличивает среднюю абсолютную ошибку расходов до 8,2 м³/с. Сочетание RiverFlow2D и прогноза осадков GFS точно воспроизводит время наступления пика паводка, но сильно завышает расходы воды: 9 июня при фактическом расходе 9 м³/с, прогноз RiverFlow2D составил 68 м³/с, при использовании разработанной модели перехвата осадков 38 м³/с. Следует отметить, что в некоторые дни модель GFS могла ошибочно прогнозировать наличие или отсутствие осадков над территорией водосбора. Это, возможно, привело к увеличению ошибки прогноза комплексом моделей паводковой волны на реке 18 июня.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Пермского края в рамках научного проекта № 20-45-596031.

Библиографический список

1. Клименко Д.Е., Остахова А.Л. Моделирование потерь дождевых осадков в кронах хвойных древостоев // Лесоведение. 2020. № 4. С. 335-345. DOI: 10.31857/S0024114820040063 EDN: HBNRAU
2. Шихов А.Н., Семакина А.В. Картографирование растительного покрова Пермского края по спутниковым снимкам Landsat // Географический вестник = Geographical bulletin. 2022. № 1(60). С. 150-164. DOI: 10.17072/2079-7877-2022-1-150-164 EDN: NZRXVG
3. Baïamonte G. Simplified Interception/Evaporation Model // Hydrology 2021. № 8. P. 99. DOI: 10.3390/hydrology8030099 EDN: PTQYJG
4. Potapov P., Hansen M.C., Kommareddy I., Kommareddy A., Turubanova S., Pickens A., Adusei B., Tyukavina A., Ying Q. Landsat Analysis Ready Data for Global Land Cover and Land Cover Change Mapping // Remote Sens. 2020. Vol. 12. P. 426. DOI: 10.3390/rs12030426 EDN: HHRPUJ
5. Wang L., Liu H. An efficient method for identifying and filling surface depressions in digital elevation models for hydrologic analysis and modelling // International Journal of Geographical Information Science/ 2006. Vol. 20(2). P 193-213. DOI: 10.1080/13658810500433453

ВЛИЯНИЕ МЕСТНОГО ЦИКЛОГЕНЕЗА НА ТЕРРИТОРИЮ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В статье рассматривается влияние местного циклогенеза на температурный фон Западной Сибири. В данном исследовании использовались данные приземных синоптических, кольцевых и карт барической топографии, на основе которых составлена база данных дат с местными циклонами. В исследовании был проведен анализ полей ветра, температуры, давления, а также погодных условий в период прохождения циклонов. Также были использованы данные реанализа ERA-5 для визуализации полей температуры и давления по пути следования циклонов.

Ключевые слова: местные циклоны, Обь-Иртышское междуречье, Большое Васюганское болото.

T.V. Degtyareva, M.A. Volkova, A.N. Sinotenko, degtyareva.tatiana20@gmail.com

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

INFLUENCE OF LOCAL CYCLOGENESIS ON THE TERRITORY OF WESTERN SIBERIA

The article considers the influence of local cyclogenesis on the temperature background of Western Siberia. In this study, the data of surface synoptic, ring and baric topography maps for the main meteorological dates for 2020-2021 were used, and a database of dates with local cyclones was compiled on their basis. The study analyzed the fields of wind, temperature, pressure, and weather conditions during cyclone passage. The ERA-5 reanalysis data were also used to visualize the temperature and pressure fields along the path of cyclones.

Keywords: local cyclones, Ob-Irtysh interfluve, the Vasyugan swamp.

На фоне происходящего глобального потепления отмечается увеличение внетропических циклонов в Северном полушарии, причем число сильных циклонов сократилось [3]. Такое увеличение повторяемости циклонов может приводить к учащению опасных явлений, что в свою очередь влияет на деятельность человека и разные отрасли экономики. Так, на территории Западной Сибири в год формируется в среднем около 25 местных циклонов, что составляет 20 % от числа всех циклонов, определяющих погоду территории [2], а согласно [4] именно в последние десятилетия отмечается существенное (в 2–3 раза) увеличение активности таких циклонов. Появление таких циклонов не всегда могут предсказать имеющиеся в оперативной практике модели погоды, что в значительной степени сказывается на качестве прогностического материала и степени успешности прогнозов погоды, особенно осадков.

Исследуемая территория находится в пределах географических координат 50–64°с.ш., 60–90°в.д. В качестве местных циклонов рассматривалась область пониженного давления при наличии хотя бы одной замкнутой изобары с характерной циркуляцией и структурой метеорологических полей. Рассматривались только те барические образования, которые обнаруживались на кольцевых картах погоды не менее четырех соседних сроков, а на приземных синоптических картах не менее двух сроков.

Рисунок 1 демонстрирует на фоне выраженной цикличности тенденцию увеличения числа дней с местными циклонами на территории Западной Сибири в период 1976-2022 гг.

В годовом ходе максимальная повторяемость числа дней с местными циклонами – 36 % отмечалось в зимний период года, значительное число циклонов (41 %) приходится на переходные сезоны (осень и весна), а на летний период приходится 23 % (рис. 2). Можно сде-

лать вывод, что действительно увеличивается число местных циклонов, образовавшихся в переходные сезоны года.

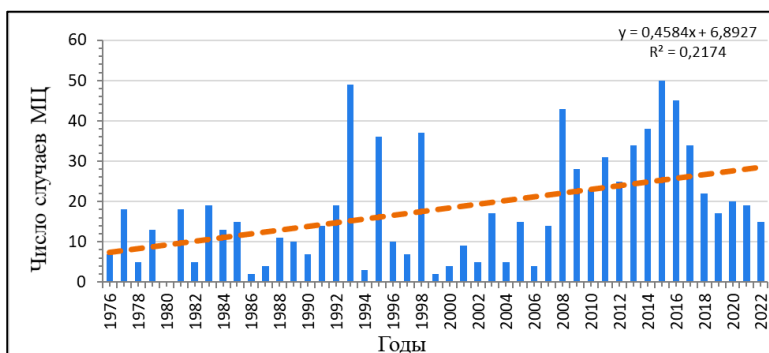


Рис. 1. Временной ход количества местных циклонов за период 1976–2022 гг.

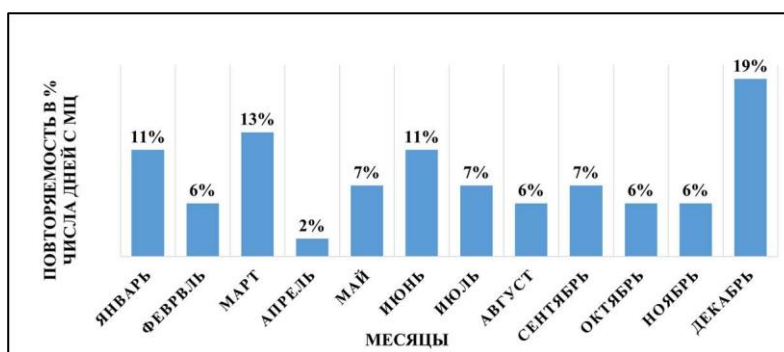


Рис. 2. Распределение повторяемости местных циклонов (%) в годовом ходе за период 2017–2022 гг.

Анализируя изменение температуры до прохождения циклона и в процессе можно привести следующие выводы:

Значение разницы температуры воздуха между сроком образования циклона и за 6 часов до него на рассматриваемой территории принимала значения выше 0 °С – в 74 % случаев, чаще всего отмечалось в диапазоне 0...+2 °С, и составило – 47 % (рис. 3).

При прохождении местного циклона значение разницы температуры на территории за 12 часов до смещения циклона на данную территорию и через 12 часов в центре циклона в 58% случаев была выше 0 °С, и чаще всего это повышение было между +2...+8 °С (рис. 4). Так, в зимний период, через 12 часов после образования циклона температура воздуха имеет положительную тенденцию изменения в 78 %. В летний период ситуация обратная: наблюдается тенденция уменьшения температуры за 12 часов в 67 % случаев.

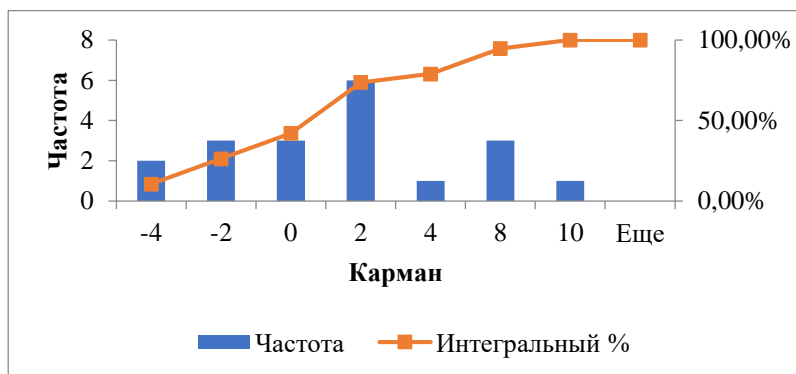


Рис. 3. Повторяемость изменений температуры за 6 часов

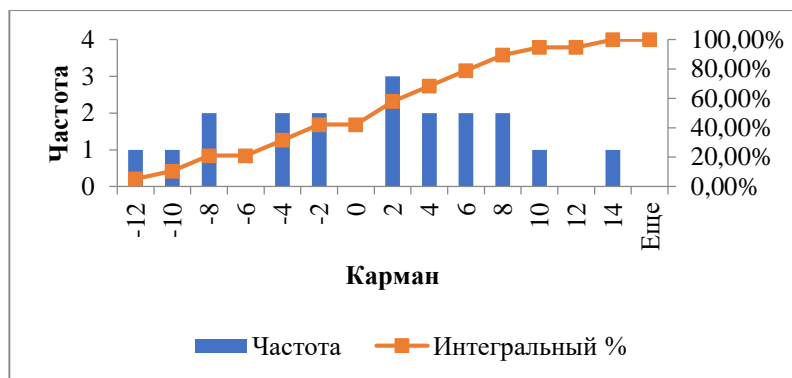


Рис. 4. Повторяемость изменений температуры за 12 часов

В исследовании также использовались данные реанализа ERA-5 для визуализации и сравнительной оценки соответствия полей давления и температуры с данными синоптических карт. Далее приведен пример использования данных реанализа для демонстрации влияния местного циклона на температурный фон Западной Сибири (рис. 5–6).

19.01.2023 в срок 03 ВСВ на северо-востоке Томской области в ложбине формируется местный циклон с минимальным давлением в центре в 1023 гПа и смещается в юго-восточном направлении. Температурный фон по пути следования циклона изменяется следующим образом: за 6 часов до образования циклона на данной территории выраженные температурные градиенты $-16...-28^{\circ}\text{C}$, а на крайнем севере Томской области расположен теплый сектор с максимальными температурами $-9...-10^{\circ}\text{C}$. По пути следования циклона теплый сектор проникает дальше на восток и распространяется на большую часть Томской области, усиливая температурные градиенты на северо-востоке области.

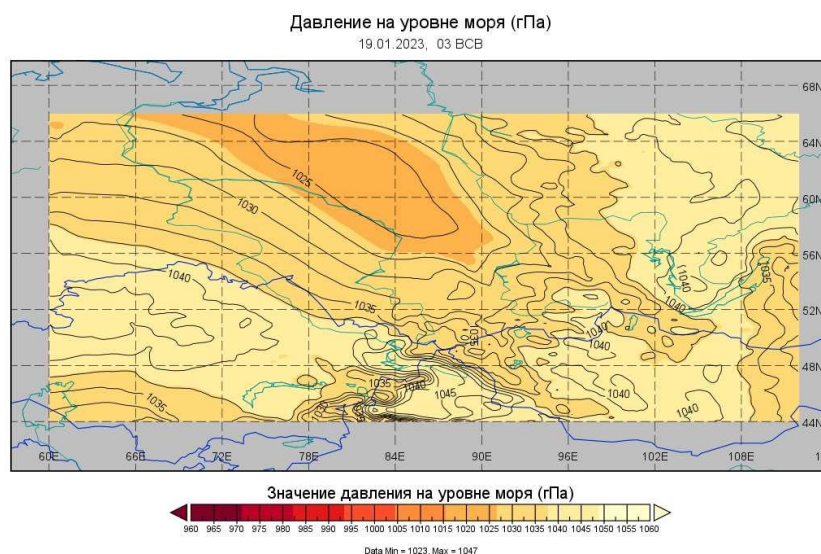


Рис. 5. Распределение поля давления по данным ERA-5 19.01.2023, срок 03 ВСВ

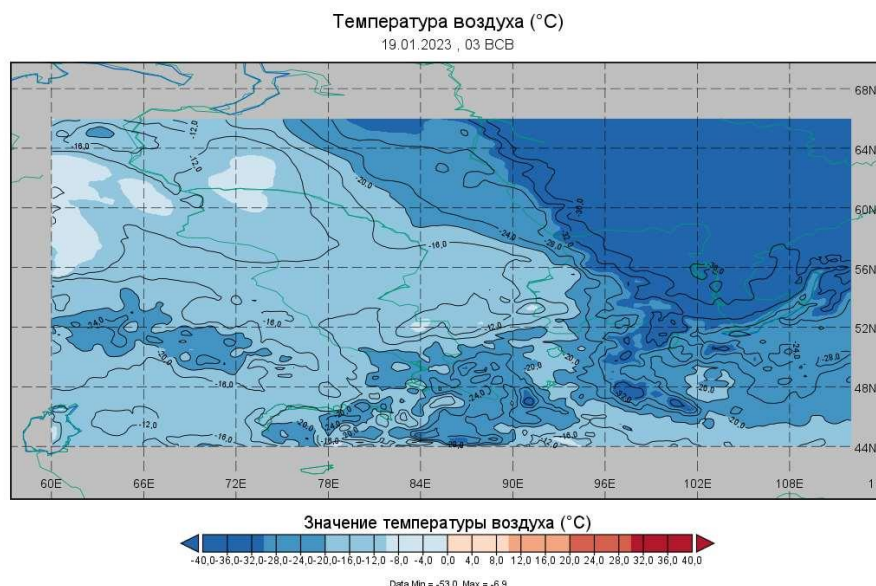


Рис. 6. Распределение поля температуры по данным ERA-5, 19.01.2023, срок 03 ВСВ

По итогам проделанной работы можно сделать следующие выводы:

В годовом ходе за период 2017–2022 гг. наибольшая повторяемость дней с местными циклонами (36 %) отмечается в зимний период, в переходные сезоны (осень и весна) – 41 %, в летний период – 23 %.

Преобладающим направлением смещения местных циклонов является северо-восточное (44 %). На восток смещаются 29 % циклонов, на юг и юго-восток – 9 % случаев. Стационарные циклоны наблюдались в 9 % случаев, южное и юго-восточное направления в сумме составили также 9 %.

По пути следования циклонов отмечается усиления ветра, зоны обложных и ливневых осадков, также часто на фоне местных циклонов возникают грозы.

В 74 % случаев перед началом образования циклона наблюдается повышение температуры, а после образования и его прохождения по исследуемой территории в летний период в 67 % происходит понижение температуры, а в зимний наоборот – повышение температуры в 78 % случаев. Похожие выводы были сделаны в работах ранее – в зимний и переходный сезоны года местный циклогенез над Западной Сибирью усиливает процесс потепления в северных широтах Западной и Восточной Сибири за счет вклада в меридиональный перенос тепла в северном направлении [1].

Библиографический список

1. Горбатенко В.П. Изменения циклогенеза над Западной Сибирью в 1976-2017 гг. / В.П. Горбатенко, Е.Л. Тунаев, К.Н. Пустовалов, М.А. Волкова, О.Е. Нечепуренко // Фундаментальная и прикладная климатология. 2020. Том 2. С. 35-57. DOI: 10.21513/2410-8758-2020-2-35-57 EDN: SBYUHI
2. Горбатенко В.П. Циркуляция атмосферы над Западной Сибирью в 1976-2004 гг. / В.П. Горбатенко, И.И. Ипполитов, Н.В. Поднебесных // Метеорология и гидрология, № 5. 2007. С. 28-36. EDN: KUNQDD
3. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. Санкт-Петербург: Научно-технологические технологии, 2022. 124с.
4. Тунаев Е.Л. Особенности циклогенеза над территорией Западной Сибири за период 1976-2015 гг. / Е.Л. Тунаев, В.П. Горбатенко, Н.В. Поднебесных // Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации, №364. 2017. С. 81-92. EDN: YRYHVV

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПАСОВ ВОДЫ В СНЕГЕ НА ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ И РЕАНАЛИЗА ERA5-Land

Выполнено сопоставление данных реанализа ERA5-Land о запасах воды в снеге (водном эквиваленте снега, ВЭС) с данными снегомерных съемок на 18 полевых и 17 лесных маршрутах на территории Пермского края за 1967–2023 гг., а также проанализирована многолетняя динамика ВЭС. Показано, что по данным реанализа в южной части края отмечается некоторое завышение, а в северной – занижение ВЭС. Выявлено статистически значимое снижение ВЭС в первой половине холодного периода по всей территории края, а в марте – только по южной части.

Ключевые слова: водный эквивалент снега, реанализ ERA5-Land, снегомерные съемки, пространственно-временное распределение, межгодовая изменчивость, многолетние тренды

N.A. Kalinin, A.D. Kryuchkov, I.A. Sidorov, kalinin@psu.ru
Perm State University, Perm, Russia

FEATURES OF SPACE-TIME DISTRIBUTION WATER RESERVES IN SNOW IN PERM KRAI BASED ON OBSERVATIONS AND REANALYSIS ERA5-Land

Comparison of ERA5-Land reanalysis data on water reserves in snow (water equivalent of snow, wind farm) with data from snow surveys on 18 field and 17 forest routes in the Perm Territory for 1967–2023 was carried out, and the long-term dynamics of wind farm was analyzed. It was shown that according to reanalysis in the southern part of the region there is some overestimation, and in the northern part – an understatement of wind farms. A statistically significant decrease in wind farms was revealed in the first half of the cold period throughout the region, and in March – only in the southern part.

Keywords: water equivalent of snow, re-analysis of ERA5-Land, snow-meter surveys, space-time distribution, interannual variability, long-term trends

Сезонный снежный покров является важным климатообразующим фактором и одним из ключевых компонентов гидрологического цикла суши. Как отмечено в ряде работ [1-5, 8], для большей части территории России характерен дефицит информации о пространственно-временном распределении снежного покрова и его многолетней изменчивости, что обусловлено точечным характером измерений, низкой плотностью сети, неравномерным распределением, а иногда и низкой репрезентативностью пунктов мониторинга. Частота проведения снегосъемок также недостаточна для ряда практических приложений, а в труднодоступной и горной местности измерения почти не проводятся. Интерполяция же данных снегомерных съемок может приводить к получению некорректных результатов [3].

Для получения пространственно-временных оценок ВЭС применяются математические модели снежного покрова различного уровня сложности, продукты обработки спутниковых данных в микроволновом диапазоне спектра или различные комбинированные подходы. Получение многолетних и однородных во времени данных о ВЭС на обширных территориях также могут обеспечить реанализы. В частности, данные реанализа ERA5-Land, разра-

ботанного Европейским центром среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП) обладают высоким пространственным разрешением $0,1 \times 0,1^\circ$ (для территории Пермского края это соответствует примерно 9 км), дискретностью по времени до 1 ч, и покрывают период с 1950 г. по настоящее время [7], что обеспечивает их применимость для изучения климатических характеристик снежного покрова.

В ранее опубликованных работах [1-2] показано, что данные реанализа ERA5-Land по высоте снежного покрова хорошо согласуются с результатами измерений на метеостанциях и гидропостах на территории Пермского края, за исключением нескольких пунктов, расположенных на берегах водохранилищ. При этом верификация значений ВЭС по данным ERA5-Land для Пермского края не проводилась. Также в работе [2] показана высокая согласованность межгодовой изменчивости высоты снежного покрова по данным наблюдений и реанализа, что свидетельствует о возможности применения последнего для изучения данной характеристики в плане ее пространственно-временной неоднородности. Исходя из этого, в настоящей работе были поставлены две задачи – выполнить верификацию данных реанализа ERA5-Land о запасе воды в снеге на территории Пермского края путем их сравнения с материалами снегомерных съемок на сети Росгидромета, а также оценить по данным реанализа особенности пространственно-временного распределения ВЭС.

Исходной информацией послужили среднемесячные данные о ВЭС из реанализа ERA5-Land (переменная Snow Depth Water Equivalent, Monthly) и результаты снегомерных съемок на лесных и полевых маршрутах метеостанций Пермского края за 1967–2023 гг. Рассматриваемый период выбран в связи с доступностью данных снегосъемок за эти годы. Данные снегомерных съемок получены по материалам Уральского УГМС. Снегомерные съемки проводятся на всех 25 метеостанциях, но на некоторых из них имеются существенные пропуски в рядах данных. В итоге в настоящей работе использованы данные с 17 лесных и 18 полевых снегомерных маршрутов на 22 метеостанциях.

Данные реанализа были загружены с сервиса Copernicus [6] в формате GRIB, в пределах области $55\text{--}62^\circ$ с.ш. и $49\text{--}62^\circ$ в.д, также за 1967–2023 гг. (с октября по май каждого года). Значения ВЭС в этих данных осреднены за каждый месяц, поэтому для выполнения корректного сопоставления с данными снегосъемок они также были осреднены аналогичным образом. Сам процесс сопоставления данных проводился средствами ГИС путем извлечения значения в точки метеостанций из соответствующих ячеек сетки реанализа. Для оценки точности рассчитаны стандартные погрешности – абсолютная и относительная ошибка данных реанализа в сравнении с данными снегосъемок, а также коэффициент корреляции Пирсона. Относительная ошибка считалась приемлемой, если она составляла менее 15%.

Для оценки изменения ВЭС по данным ERA5-Land во времени рассчитаны коэффициенты наклона линии тренда (КНЛТ) за каждый месяц в каждой ячейке сетки реанализа. Объем выборки для расчета КНЛТ составил 66 лет (по 66 значений с 1957 до 2023 г. в каждой ячейке сетки). Значения трендов были пересчитаны в мм/10 лет. Результаты расчетов КНЛТ использованы для построения карт трендов. Чтобы представить тренды за каждый месяц в процентном выражении, было вычислено отношение КНЛТ влагозапаса снега в каждой ячейке (мм/10 лет) к среднемесячному значению в этой же ячейке. Статистическая значимость трендов оценивалась для среднемесячных значений ВЭС по данным реанализа и снегомерных съемок. Поскольку распределение в рядах данных могло отличаться от нормального, использовались непараметрические коэффициенты корреляции Спирмена и Кендалла. Уровень значимости принят равным 0,05.

В результате выполненного исследования подтверждено, что реанализ ERA5-Land удовлетворительно воспроизводит процесс снегонакопления и величину запаса воды в снеге на территории Пермского края. Сопоставление с данными снегосъемок на 18 полевых и 17 лесных маршрутах показывает, что средняя относительная ошибка находится в пределах 15%. Значительные расхождения с данными снегосъемок приурочены к снегомерным маршрутам, нерепрезентативным для окружающей территории. При этом если в южной части края реанализ в основном завышает снегозапасы, то на севере и востоке территории на нескольких станциях отмечается их занижение. В частности, некоторое занижение снегозапасов на западном склоне Урала обусловлено недостаточным пространственным разрешением реана-

лиза, вследствие чего недооценивается эффект орографического усиления осадков. Наибольшие расхождения между данными снегосъемок и реанализа отмечаются в период снеготаяния, особенно для полевых маршрутов, где фактический снегозапас на 40–90 мм меньше, чем по данным реанализа. Это расхождение обусловлено тем, что в соответствующих ячейках сетки реанализа большая часть площади покрыта лесом, где снеготаяние происходит медленнее, чем в поле.

По данным реанализа выявлен статистически значимый отрицательный тренд снегозапасов на всей территории края в первой половине холодного периода. Лучше всего этот тренд выражен в ноябре. Он обусловлен смещением дат установления снежного покрова на более поздние сроки из-за существенного потепления в октябре-ноябре. В феврале-марте тренд остается статистически значимым только в южной части края (на юго-востоке темп сокращения снегозапасов в марте составляет до 12 мм/10 лет), а на севере края сокращение снегозапасов не наблюдается. В мае выявлено существенное сокращение снегозапасов в северо-восточной части края (до 15 мм/10 лет), что также обусловлено повышением температуры и более ранним началом таяния.

Сравнение с данными снегосъемок показывает, что реанализ также хорошо воспроизводит межгодовую изменчивость снегозапасов, накопленных к марту, причем для снегосъемок в лесу соответствие с реанализом лучше, чем для снегосъемок в поле. На пяти полевых снегомерных маршрутах выявлен статистически значимый рост снегозапасов, который не подтверждается данными реанализа. Вероятно, этот рост обусловлен изменением условий снегонакопления – снижением скорости ветра и развитием древесной растительности, что снижает интенсивность выдувания снега с полей. В то же время на двух лесных маршрутах выявлено статистически значимое уменьшение снегозапаса, которое связано с увеличением полноты древостоя и интенсивности перехвата снега кронами деревьев. Осредненные по территории края тренды снегозапасов по данным снегомерных съемок статистически не значимы.

Таким образом, реанализ ERA5-Land может рассматриваться как важный источник данных для изучения климатических характеристик снежного покрова на территории Пермского края и других регионов России со схожими условиями снегонакопления. Сопоставление данных реанализа и снегосъемок позволило выявить и объяснить некоторые локальные аномалии в рядах данных наблюдений, обусловленных изменением локальных условий снегонакопления за последние несколько десятилетий.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-27-00054.

Библиографический список

1. Крючков А.Д., Калинин Н.А. Сравнение характеристик снежного покрова по данным метеорологических станций и реанализа ERA 5-Land на территории Пермского края. Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2021. № 2 (380). С. 95-110. DOI: 10.37162/2618-9631-2021-2-95-110 EDN: KCVWGL
2. Крючков А.Д., Калинин Н.А., Сидоров И.А. Качество характеристик снежного покрова, полученных на основе реанализа ERA5-Land для территории Пермского края // Лёд и снег. 2023, Т. 63, № 3, С. 383-396. DOI: 10.31857/S2076673423030055 EDN: KLPXPM
3. Пьянков С.В., Шихов А.Н. Геоинформационное обеспечение моделирования гидрологических процессов и явлений. Перм. гос. нац. исслед. ун-т., Пермь, 2017. 148 с. ISBN: 978-5-7944-3001-1 EDN: YMXXNP
4. Турков Д.В., Сократов В.С. Расчёт характеристик снежного покрова равнинных территорий с использованием модели локального тепловлагообмена SPONSOR и данных реанализа на примере Московской области // Лёд и Снег. 2016. Т. 56. №3. С. 369-380. DOI: 10.15356/2076-6734-2016-3-369-380 EDN: XWOALJ
5. Чурюлин Е.В. Использование спутниковой и модельной информации о снежном покрове при расчетах характеристик весеннего половодья. дисс. канд. геогр. наук. 25.00.27. М., 2019. 175 с. EDN: AMUXYE

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ БИОКЛИМАТИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ МОДЕЛЬЮ WRF-ARW

Выполнена оценка качества воспроизведения биоклиматических индексов с помощью модели WRF-ARW. На территории исследования данная модель хорошо воспроизводит биоклиматические индексы как за теплый период года, так и за холодный за исключением метеостанций Губаха, Оса и Чермоз за оба периода года.

Ключевые слова: биоклиматические индексы, WRF-ARW, оценка качества воспроизведения.

N.A. Kalinin^{1,2}, P.Yu. Startseva¹, kalinin@psu.ru

¹Perm State University, Perm, Russia

²Institute of Continuous Media Mechanics UB RAS, Perm, Russia

EVALUATION OF QUALITY OF REPRODUCTION OF BIOCLIMATIC INDICES BY WRF-ARW MODEL

The quality of reproduction of bioclimatic indices was evaluated using the WRF-ARW model. On the territory of the study, this model well reproduces bioclimatic indices both for the warm period of the year and for the cold one, with the exception of the weather stations Gubakha, Osa and Chermoz for both periods of the year.

Keywords: bioclimatic indices, WRF-ARW, playback quality assessment.

Влияние различных метеорологических факторов играет значительную роль в жизнедеятельности людей и определяет их комфортное проживание на различных территориях [2; 4; 5; 11]. Для оценки климата территории применяют различные комплексные показатели, которые описывают не только комфортность климата, но и воздействие его на здоровье людей. К таким показателям относятся биоклиматические индексы [2; 4–5; 7–8; 12–14].

Для своевременного предупреждения о наступлении неблагоприятных биоклиматических условий необходимо воспользоваться различными прогностическими глобальными и региональными моделями атмосферы [1; 3; 6; 9–10], и уже на основе их выходной продукции в виде различных метеорологических величин можно рассчитать биоклиматические индексы. Своевременное предупреждение и оповещение населения о неблагоприятных биоклиматических условиях может способствовать снижению уровня заболеваемости.

Целью данной работы является оценка качества воспроизведения биоклиматических индексов с помощью модели WRF-ARW для ее дальнейшего применения в прогнозах биоклиматических условий.

Регионом исследования является Пермский край и прилегающие к нему территории Удмуртской Республики, Республик Коми и Башкортостана, а также Свердловской области, включающих в себя в совокупности 56 метеостанций.

В качестве начальных для расчета биоклиматических индексов (БИ) были взяты данные выходной продукции модели WRF-ARW по температуре и относительной влажности воздуха, а также средней скорости ветра на высоте 10 м за 2022 г. Для оценки качества воспроизведенных индексов моделью были также рассчитаны индексы по фактическим данным с метеостанций.

Общая оправдываемость считалась, как

$$P = \frac{n_1 + 0,5 \cdot n_2 + 0 \cdot n_3 + 0 \cdot n_4}{N} \cdot 100\%,$$

где n_1 – количество дней с одинаковым уровнем комфортности по воспроизведенным и фактическим значениям БИ, n_2 – количество дней с воспроизведенными значениями БИ, отличающимися от фактических на одну градацию комфортности, n_3 – количество дней с воспроизведенными значениями БИ, отличающимися от фактических на две градации комфортности, n_4 – количество дней с воспроизведенными значениями БИ, отличающимися от фактических на три градации комфортности, N – общее количество дней.

Так как холодный и теплый периоды года имели немного разный набор биоклиматических индексов, по которым оценивается степень комфорта, то эти два периода оценивались отдельно друг от друга. Исключением стали два индекса, таких, как эффективная температура, а также эквивалентно-эффективная температура по А. Миссенарду (ЭЭТм) и по Б.А. Айзенштату (ЭЭТа) вследствие того, что они считаются для всего года. К холодному периоду года относится период с ноября по март, к тепловому – с апреля по октябрь.

Для оценки степени комфортности холодного периода использовались следующие биоклиматические индексы: индекс ветрового охлаждения Сайпла-Пассела (WCIs) [5], индекс Бодмана (S) [5], интегральный показатель условий охлаждения (обморожение) (ИПУОО) [12], эффективная температура (ЭТ), эквивалентно-эффективная температура по А. Миссенарду (ЭЭТм) и по Б.А. Айзенштату (ЭЭТа) [5].

Теплый период оценивался по таким индексам, как ЭТ, ЭЭТм, ЭЭТа, радиационно-эквивалентно-эффективная температура по В.И. Русанову (РЭЭТр) [2].

При оценке полученных значений индекса Бодмана можно заметить, что в среднем оправдываемость воспроизведенных индексов по модели WRF-ARF изменяется в пределах от 37 до 87% (рис. 1), при этом на большей части территории исследования оправдываемость составляет 65–87%. Также оправдываемость увеличивается с юга на северо-запад, за исключением метеостанции Сыктывкар.

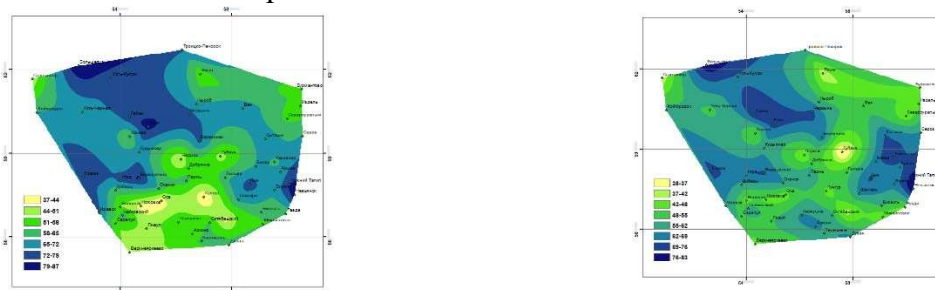


Рис. 1. Средняя оправдываемость воспроизведенного индекса Бодмана (слева) и WCIs (справа) по модели WRF-ARW за холодный период

По сравнению с индексом Бодмана, модель хуже воспроизводит индекс ветрового охлаждения WCIs (рис. 1), оправдываемость которого изменяется по территории неравномерно и составляет 28–83%.

В отличие от индексов Бодмана и ветрового охлаждения, модель лучше всего воспроизводит интегральный показатель условий охлаждения (обморожение) ИПУОО. Оправдываемость воспроизведенного индекса составила более 90% на всей территории исследования.

Также как и ИПУОО, модель хорошо воспроизводит за холодный период эффективную температуру. Оправдываемость индекса ЭТ в среднем изменяется от 76 до 91%.

Оправдываемость индекса ЭЭТм по территории изменяется в пределах от 44 до 86%, а по индексу ЭЭТа – от 62 до 95% (рис. 2).

Если сравнивать эти два индекса, то модель лучше воспроизводит индекс ЭЭТа на большей части территории исследования, в особенности на севере (Большелуг, Троицко-Печорск) и юге (Янаул, Чернушка, Октябрьский, Аскино и Дуван), а также на метеостанции Висим, что может быть связано с различным сочетанием метеовеличин в формулах индексов

ЭЭТм и ЭЭТа. Так, в формуле ЭЭТа Б.А. Айзенштат придает большее значение влиянию ветра на теплоощущения человека, чем А. Миссенард (ЭЭТм).

Таким образом, за холодный период лучше всего по территории модель воспроизводит индекс ИПУОО и ЭТ, чем все остальные индексы. Также достаточно хорошо модель воспроизводит индекс ЭЭТа. Еще стоит отметить, что по всем индексам самая дискомфортная погода в холодный период наблюдается в районе Среднего Урала.

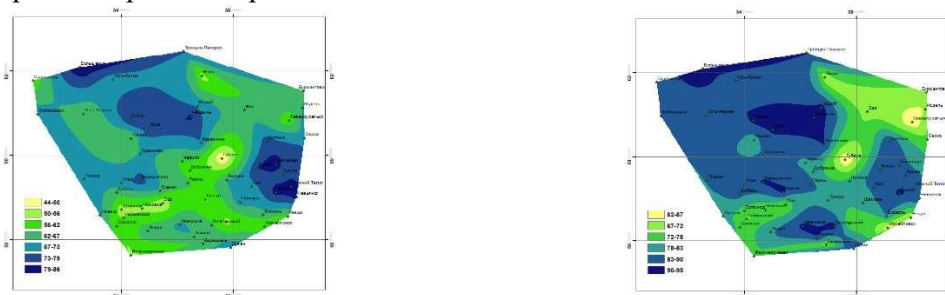


Рис. 2. Средняя оправдываемость воспроизведенного индекса ЭЭТм (слева) и ЭЭТа (справа) по модели WRF-ARW за холодный период

Также как и за холодный период года, модель хорошо воспроизводит индекс ЭТ за теплый период года. Оправдываемость воспроизведенного индекса по модели в среднем по территории изменяется в пределах 81–95%.

Оправдываемость за теплый период в среднем выше у индекса ЭЭТм (70–94%), чем у индекса ЭЭТа (42–86%). Хуже всего модель воспроизводит индекс ЭЭТа на метеостанциях Оса и Чермоз (рис. 3).

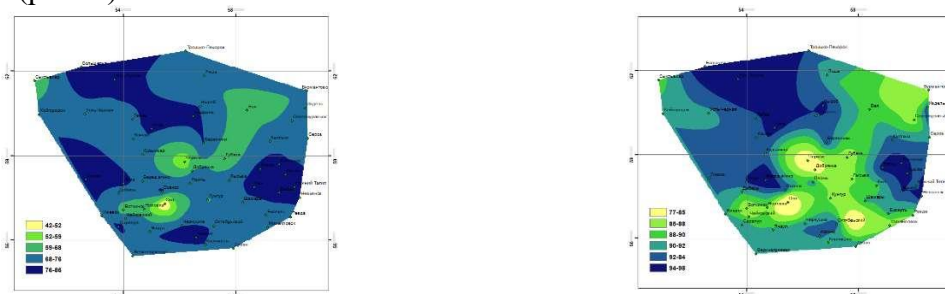


Рис. 3. Средняя оправдываемость воспроизведенного индекса ЭЭТа (слева) и РЭЭТ (справа) по модели WRF-ARW за теплый период

Так, как индекс РЭЭТ рассчитывается на основе индекса ЭЭТ, то из-за того, что оправдываемость воспроизведенного индекса ЭЭТ по Миссенарду (ЭЭТм) моделью WRF-ARW составила выше, чем по индексу по Б.А. Айзенштату (ЭЭТа) за теплый период, то именно этот индекс и был взят за основу расчета индекса РЭЭТ.

Оправдываемость индекса РЭЭТ по модели в среднем составляет 77–98%, причем на большей части территории оправдываемость более 90% (рис. 3).

Таким образом, модель WRF-ARW неплохо воспроизвела четыре индекса (ЭТ, ЭЭТм и РЭЭТ) с оправдываемостью более 80% на большей части территории. В основном погода в теплый период года оценивается, как прохладная и дискомфортная, но наблюдаются случаи с умеренно-теплой погодой на юго-востоке исследуемой территории.

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. Модель неплохо воспроизвела биоклиматические индексы как за теплый период года, так и за холодный. Из всех рассмотренных индексов лучше всего модель воспроизвела индексы за холодный период ИПУОО (92–100%), ЭТ (76–91%) и ЭЭТа (62–95%), а за теплый – ЭТ (81–95%), ЭЭТм (70–94%) и РЭЭТ (77–98%).

2. Немного хуже модель воспроизвела по территории исследования индексы Бодмана (37–87%), ветрового охлаждения (28–83%) и ЭЭТм (44–86%) за холодный период, за теплый период – ЭЭТа (42–86%).

3. Более низкая оправдываемость отмечалась в основном на метеостанциях Губаха, Оса и Чермоз за оба периода года.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-61-00098.

Библиографический список

1. Быков А.В., Ветров А.Л., Калинин Н.А. Прогноз опасных конвективных явлений в Пермском крае с использованием глобальных прогностических моделей // Труды Гидрометцентра России. 2017. Вып. 363. С. 101-119. EDN: YPZWFX
2. Головина Е.Г., Русанов В.И. Некоторые вопросы биометеорологии. Российский государственный гидрометеорологический институт; Томский государственный университет. СПб.: Российский государственный гидрометеорологический университет, 1993. 90 с. EDN: YNGWAB
3. Губенко И.М., Рубинштейн К.Г. Анализ результатов расчета грозовой активности с помощью индексов неустойчивости атмосферы по данным численной модели WRF-ARW // Метеорология и гидрология. 2015. № 1. С. 27-37. EDN: TCUSFP
4. Ермакова Л.Н., Шкляев В.А., Филиппова А.П., Шкляева Л.С. Биоклиматическая оценка ландшафтных областей Пермского края и условий формирования микроклиматических особенностей // Географический вестник. 2016. № 4 (39). С. 70-83. DOI: 10.17072/2079-7877-2016-4-70-83 EDN: XUXLON
5. Исаев А.А. Экологическая климатология. М.: Научный мир, 2001. 458 с.
6. Калинин Н.А. Мониторинг, моделирование и прогноз состояния атмосферы в умеренных широтах. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2015. 308 с. ISBN: 978-5-7944-2558-1 EDN: VMYTZN
7. Калинин Н.А., Ветров А.Л. Индексы комфортности климата в Перми и городах-миллионниках Сибири за 1991-2020 гг. // Геосферные исследования. 2023. № 4. С. 132-142. DOI: 10.17223/25421379/29/9 EDN: OISSDJ
8. Калинин Н.А., Ермакова Л.Н., Аликина И.Я. Особенности формирования высокой температуры воздуха в сентябре-октябре 2003 г. на Среднем и Южном Урале // Метеорология и гидрология. 2005. № 5. С. 82-89. EDN: KUHLEN
9. Калинин Н.А., Кислов А.В., Бабина Е.Д., Ветров А.Л. Оценка качества воспроизведения моделью MM5 температуры воздуха в июле на Урале // Метеорология и гидрология. 2010. № 10. С. 15-22. EDN: LORATO
10. Калинин Н.А., Шихов А.Н., Быков А.В. Прогноз мезомасштабных конвективных систем на Урале с помощью модели WRF и данных дистанционного зондирования // Метеорология и гидрология. 2017. № 1. С. 16-28. EDN: XQXIGX
11. Руководство по специализированному обслуживанию экономики климатической информацией, продукцией и услугами / Под редакцией д-ра геогр. наук, профессора Н.В. Кобышевой. СПб., 2008. 336 с.
12. Физиология труда и эргономика. Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях. Методические рекомендации МР 2.2.7.2129-06. С. 85-104.
13. Шартова Н.В., Шапошников Д.А., Константинов П.И., Ревич Б.А. Биоклиматический подход к оценке смертности населения во время аномальной жары на примере юга России // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2018. № 6. С. 47-55. EDN: PNPZLU
14. Steadman R.G. Indices of wind chill of clothed persons // J. Appl. Meteor. 1971. № 10. С. 674-683. DOI: 10.1175/1520-0450(1971)010<0674:IOWOCP>2.0.CO;2

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОТКИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НЕФТЕПРОДУКТАМИ
В ФАЗУ ЗИМНЕЙ СРАБОТКИ ВОДОЕМА
(ПО МАТЕРИАЛАМ НАСТОЯЩЕГО СТОЛЕТИЯ)**

Дана оценка пространственно-временных изменений содержания нефтепродуктов в воде различных частей Воткинского водохранилища в фазу зимней сработки водоема, т.е. рассмотрен самый проблемный период эксплуатации водоема. Показана загрязненность вод в районе расположения Пермско-Краснокамского промышленного комплекса, находящегося в верхней части водоема и ее снижение по мере продвижения вниз по течению. В основу исследования положены фондовые материалы ФГУ «Камводэксплуатация» за современный многолетний период (2003–2023 гг.).

Ключевые слова: водохранилище; фаза зимней сработки водоема; содержание нефтепродуктов; характерные по водности годы; промышленное загрязнение.

A.B. Kitaev, E. E. Matveeva, kitaevab1953@gmail.com
Perm State University, Perm, Russia

**POLLUTION OF THE VOTKINSK RESERVOIR WITH OIL PRODUCTS DURING
THE PHASE OF WINTER RESERVOIR RESERVOIR
(BASED ON MATERIALS OF THIS CENTURY)**

An assessment is given of the spatiotemporal changes in the content of petroleum products in the water of various parts of the Votkinsk reservoir during the winter drainage phase of the reservoir, i.e. The most problematic period of operation of the reservoir is considered. The water pollution in the area of the Perm-Krasnokamsk industrial complex, located in the upper part of the reservoir, and its decrease as it moves downstream are shown. The study is based on the stock materials of the Federal State Institution “Kamvodexploitation” for the modern long-term period (2003 – 2023).

Keywords: reservoir; phase of winter drainage of the reservoir; content of petroleum products; years characterized by water content; industrial pollution.

Введение. Нефтепродукты — это сложная и непостоянная смесь предельных и непредельных углеводородов и их производных, которая оказывает негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека. Нефтепродукты относятся к числу наиболее распространенных и опасных веществ, загрязняющих поверхностные воды. Контроль над их содержанием в воде является обязательным и регулируется законодательством. Применительно к Воткинскому водохранилищу можно отметить, что к настоящему времени имеются лишь отрывочные сведения о его загрязнении нефтепродуктами [1; 2].

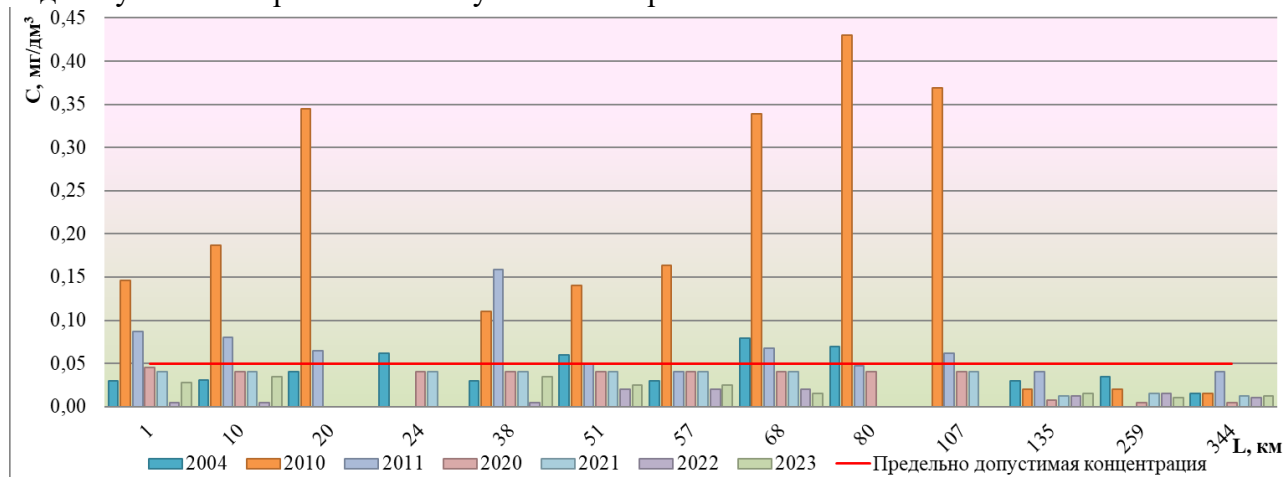
Материалы и методы исследования. Для характеристики изменения концентрации нефтепродуктов в воде Воткинского водохранилища в условиях современной нагрузки проанализированы материалы гидрохимических съемок водоема за период наблюдения с 2003 по 2023 гг. Данные по химическим показателям являются фондовыми материалами ФГУ «Камводэксплуатация» [6]. Отбор проб воды осуществлялся в 10 створах по длине исследуемого водоема, 6 из которых контролируют качество воды в районе расположения основного промышленного загрязнителя, а именно Пермско-Краснокамского промышленного комплекса [3; 4]. В настоящем исследовании материалы по содержанию нефтепродуктов представлены для фазы зимней сработки водоема. Ее выбор не случаен, именно в этот период уровни

воды в водохранилище снижаются на 3–4 м, заметно уменьшается при этом и объем водохранилища, что существенно уменьшает возможности таких процессов, как перемешивание и разбавление загрязнений в водном объекте.

Результаты исследования и их обсуждение. Первым этапом оценки загрязнения Воткинского водохранилища нефтепродуктами явилось определение водности лет для рассматриваемого периода. Расчет этот выполнен согласно СП 33-101-2003 [5]. Можно отметить, что очень многоводными годами в рассмотренном периоде были: 2007, 2017 и 2019 гг. ($P < 16,7\%$); многоводными – 2002, 2008, 2015, 2016 гг. ($16,7\% \leq P < 33,3\%$); маловодными – 2000, 2003, 2006, 2012 гг. ($66,7\% \leq P \leq 83,3\%$); и очень маловодными годами были 2004, 2010 и 2011 г. ($P > 83,3\%$).

Для периода зимней сработки водохранилища практически всегда превышение ПДК нефтепродуктами встречается намного чаще, чем в другие фазы водного режима водоема (весеннее наполнение, летне-осенняя стабилизация уровня воды). Наибольшее превышение в многоводные годы было зафиксировано в 2008 г. в створе Большекамского водозабора – 4,5 раза, в Заостровке – 2,78 раза, в микрорайоне Нижняя Курья – 3,24 раза. В 2015 г. небольшое превышение наблюдалось на всех створах. Исключением стал створ у с. Елово по причине того, что за данный год отбор проб воды в этом месте не производился. Количество превышений предельно допустимой концентрации нефтепродуктов зимой значительно возросло в сравнении с другими сезонами. Так, в 2006 г. превышение ПДК зафиксировано на 5 створах, в 2003 г. – 3, в 2009 г. – 10, в 2012 г. – 6, в 2013 г. – 9, в 2018 г. – 1.

В 2003 г. в створе нижнего бьефа Камской ГЭС превышение ПДК было в 6,3 раза. Наибольшее превышение ПДК в данном створе за все рассматриваемые годы отмечалось в 2006 г., где концентрация нефтепродуктов равнялась $0,817 \text{ мг/дм}^3$, в процентном соотношении – 1634% от ПДК. Приведенные цифры говорят о повышенном содержании нефтепродуктов во входном створе Воткинского водохранилища, т.е. оно связано с их поступлением из выше расположенного Камского водохранилища. Кроме того, в 2009 г. наблюдалось довольно высокое превышение допустимой концентрации нефтепродуктов, начиная от плотины Камского гидроузла и до 1 км ниже п. Уральский, где превышение достигало 3,21 раза и 1,06 раза соответственно. А уже в г. Чайковский содержание нефтепродуктов было $0,015 \text{ мг/дм}^3$, что соответствует нормам для рыбохозяйственных водоемов, т.е. можно констатировать, что водоем успешно справился с поступившим загрязнением.



1 км – Камская ГЭС; 10 км – Большекамский водозабор; 20 км – микрорайон Заостровка; 24 км – п. Нижняя Курья; 38 км – п. Нижние Муллы; 51 км – д. Чирки; 57 км – Краснокамск; 68 км – 1 км ниже впадения р. Сюзья; 80 км – п. Уральский; 107 км – п. Усть-Нытва; 135 км – Оханск (речная пристань); 259 км – 0,7 км выше с. Елово; 344 км – г. Чайковский

Рис. Содержание нефтепродуктов в Воткинском водохранилище в период зимней сработки водоема за маловодные годы.

В период зимней сработки водоема в маловодные годы (рисунок) превышение ПДК наблюдалось в 2004 г. на 4 створах, в 2010 г. на 9 створах и в 2011 г. на 6. В остальные годы концентрация нефтепродуктов соответствовала нормам для рыбохозяйственных водоемов.

Высокое превышение ПДК отмечалось в 2010 г. в створе г. Краснокамска (в 3,28 раза), что связано с аварийными сбросами в водоем нефтепродуктов. Источником их попадания в воду был ЗАО «ПромхимПермь» (РИА Новости, дата обращения 17.02.2010). Из-за большой концентрации ЗВ вынуждены были полностью отключить от водоснабжения в г. Краснокамск (Интерфакс, дата обращения 16.02.2010 г.).

Рассмотрев изменение концентрации нефтепродуктов в Воткинском водохранилище в период зимней сработки водоема можно сказать, что большие концентрации ЗВ больше всего сосредоточены в гг. Перми и Краснокамске, т.е. в районе расположения промышленного комплекса.

Выводы. Проанализировав данные по концентрации нефтепродуктов в Воткинском водохранилище по всей длине за последние 20 лет, можно отметить, что концентрация нефтепродуктов в водах водохранилища существенно превышает предельно допустимую концентрацию практически во все годы. Год с максимально загрязненной нефтью водой – 2012 г. ПДК в данном году была превышена в 20,7 раза, что говорит об очень большой загрязненности. Однако, сильное загрязнение вод исследуемого водоема в зимний период, как в многоводные, так и в маловодные годы отмечается в основном в районе расположения промышленного комплекса (гг. Пермь и Краснокамск), превышая здесь ПДК в 3-6 раз (на расстоянии от плотины Камской ГЭС на 70-75 км). Ниже по течению потока на расстоянии 20-40 км происходит интенсивное разбавление и смешение сточных вод, концентрация нефтепродуктов постепенно снижается и редко превышает предельно допустимую величину.

Предприятия отводят в водный объект промышленные стоки, превышающие предельно допустимую концентрацию (ПДК) нефтепродуктов по причине халатности, износа очистных сооружений, неправильно подобранных методов очистки сточных вод. Аварийные разливы ЗВ тоже могут происходить из-за халатности – например, ошибки персонала, несоблюдения требований безопасности или износа трубопроводов, резервуаров и прочего оборудования.

Таким образом, основной причиной загрязнения водных объектов нефтью и нефтепродуктами (в том числе и Воткинского водохранилища) является антропогенное воздействие, обусловленное поступлением сточных вод промышленных предприятий, и, прежде всего, нефтяной и нефтехимической отраслей, а также судоходством и коммунальным хозяйством. Кроме того, возможно поступление загрязненных нефтепродуктами вод из выше расположенного Камского водохранилища.

Библиографический список

1. Китаев А.Б. Пространственно-временные изменения химического состава воды в условиях существующей техногенной нагрузки // Комплексные исследования Воткинского водохранилища и оценка его влияния на природу. Пермь, 2007. С.92-102.
2. Китаев А.Б. Химическое загрязнение водохранилищ Камского каскада // Современные наукоемкие технологии. М.: Академия естествознания, 2008. № 8. С.48-49. EDN: JJWZSB
3. Китаев А.Б., Матвеева Е.Э. Загрязнение Воткинского водохранилища нефтепродуктами и фенолами в разные по водности годы // Комплексные исследования водохранилищ и их водосборов: сб. науч. трудов, посвященный 100-летию со дня рождения Ю.М. Матарзина. Пермь, 2024. С.62-66. EDN: ERNTDN
4. Матвеева Е.Э., Китаев А.Б. Загрязнение Воткинского водохранилища нефтепродуктами и фенолами в современных условиях // Проблемы географии Урала и сопредельных территорий: мат. III Международной научно-прак. конф. Челябинск: "Край Ра", 2024. С.130-135.
5. СП 33-101-2003. Свод правил по проектированию и строительству. Определение основных расчетных гидрологических характеристик (одобрен постановлением Госстроя РФ от 26 декабря 2003 г., №218). М., 2004. 73с.
6. Фондовые материалы ФГУ "Камводэксплуатация" за период наблюдения с 2003 по 2023 г.

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ТУРИСТСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА САРАНСКА

В статье рассматриваются основные метеорологические факторы, оказывающие воздействие на развитие туристской деятельности в городе Саранск. Делается акцент на важности изучения природных факторов туризма, как базы туристских ресурсов и экономического потенциала городского округа. Базой для анализа послужили данные инструментальных измерений метеорологической станции в городе Саранск. На основе данных метеорологических наблюдений в работе произведен сравнительный анализ погодных условий и туристской деятельности.

Ключевые слова: метеорологические условия, туризм, климат, солнечная радиация, роза ветров.

A. Kuserova¹, D. Vasil'ev², anna-kuserova@yandex.ru

¹ Mordovian State University named after N. P. Ogarev, Saransk, Russia

² Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

METEOROLOGICAL FACTORS OF TOURIST ACTIVITY A CASE STUDY OF SARANSK

The article discusses the main meteorological factors that affect the development of tourism activities in the Saransk City. Emphasis is placed on the importance of studying the natural factors of tourism as a base of tourist resources and the economic potential of the territory. The basis for the analysis was the instrumental measurements data from a meteorological station in the city of Saransk. Based on the observational data, a comparative analysis of weather conditions and tourist activities was carried out.

Keywords: meteorological conditions, tourism, climate change, solar radiation, wind rose.

В последние годы в связи с прошедшей пандемией коронавирусной инфекции COVID-19 и сложившейся геополитической ситуацией одним из приоритетных направлений экономики России стало развитие внутреннего туризма, в рамках которого работала программа туристического «кешбэка», программа молодежного и студенческого туризма. Стратегией развития туризма в Российской Федерации на период до 2035 г. определены несколько основных направлений, среди которых и пешеходный туризм. Республика Мордовия вошла в число пилотных регионов проекта «Развитие пешеходного туризма». Кроме того, Мордовия обладает потенциалом для развития этнического, экологического, лечебно-оздоровительного, религиозного, спортивного видов туризма.

Так называемой «точкой входа» для многих туристов, приезжающих в Мордовию, является столица республики – город Саранск. Его территория также обладает значительными возможностями для развития различных видов туризма, и изучение особенностей, условий и ресурсов туристской деятельности в Саранске имеет определенную актуальность. На развитие туризма оказывают влияние различные факторы, под которыми понимается совокупность условий и ресурсов, влияющих на размещение видов и центров туризма, а также их воздействие на издержки туристской деятельности и через них на размеры прибыли в отрасли [1]. Как правило, выделяют три основные группы факторов, влияющих на развитие туризма: природные (физико-географические), культурно-исторические (историко-

культурные), социально-экономические. Именно природные факторы и ресурсы являются основой любой деятельности, в том числе туристской, они оказывают определяющее влияние на формирование туристского потенциала.

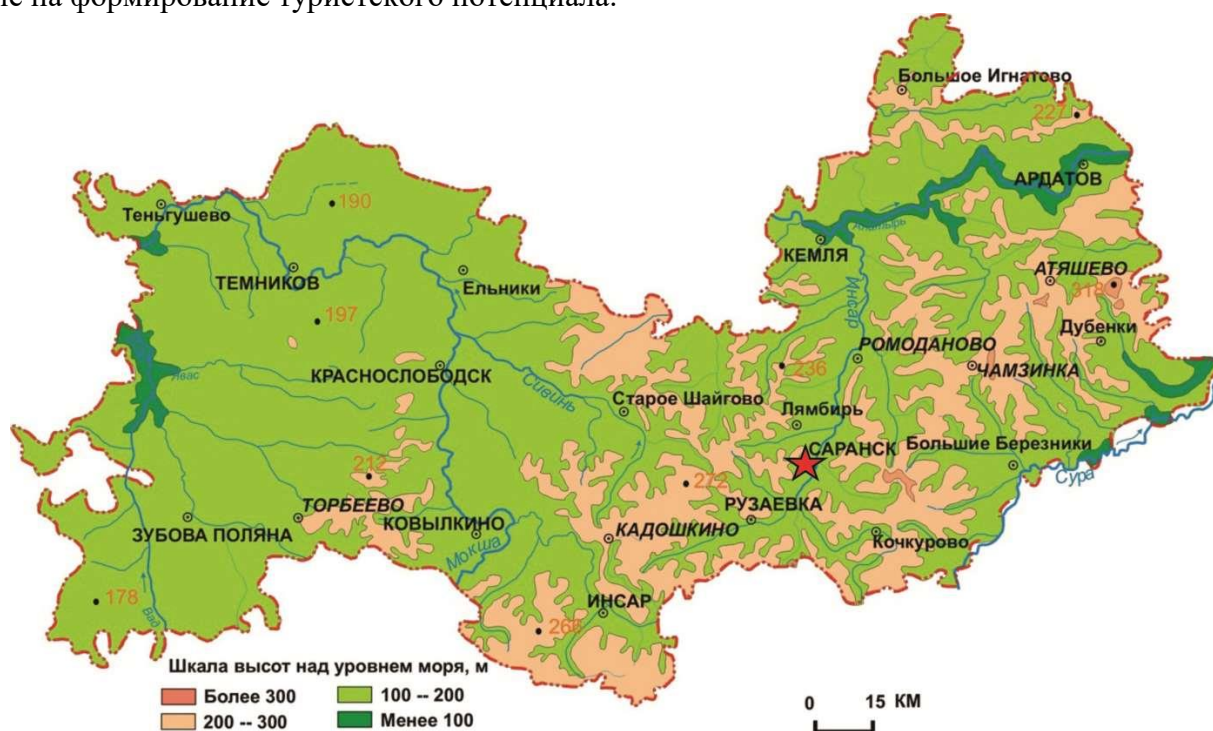


Рис. 1. Территория Республики Мордовия, красной звездочкой указано расположения г.о. Саранск (<https://natlibraryrm.ru/wp-content/uploads/2020/05/vUVwYSZjKP4.jpg>)

Среди природных туристских факторов немаловажное значение имеют метеорологические факторы – погодные условия, характерные для какой-либо территории. Они складываются из нескольких основных показателей: солнечное излучение, температура и влажность воздуха, атмосферное давление и осадки, направление и скорость ветра. При характеристике температурного режима и его влияния на рекреационную и туристскую деятельность обычно используют показатели средней годовой температуры, средней температуры самого холодного и самого теплого месяца в году, продолжительности безморозного и купального периодов, благоприятного для летней и зимней рекреации периодов. Для развития разных видов туризма также важны количество, характер выпадения атмосферных осадков, влияние ветра определяется его направлением и скоростью. При изучении влияния солнечной радиации на туристскую деятельность, как правило, учитывают показатели светового режима, кроме того, для более полной характеристики используют комплексные показатели, сочетающие несколько метеорологических факторов. Например, для зимних видов отдыха и туризма используют ветро-холодовой индекс (Wild Chill Index/WCI) – показатель теплоощущения человека при низких температурах и увеличивающейся скорости ветра [2]. Также в гидрометеорологической практике применяется индекс погодной пригодности (Weather Stress Index/WSI), в котором учитываются несколько показателей, влияние солнечной радиации, физиологическое напряжение, суточный тепловой контраст, атмосферные осадки (дождь или снег >1 мм), снежный покров (>10 см) [3].

Республика Мордовия расположена в зоне умеренного континентального климата, с преобладанием умеренных воздушных масс западного переноса, средняя температура января в Саранске -11°C , июля $+19^{\circ}\text{C}$, среднее годовое количество осадков составляет 450–500 мм, продолжительность солнечного сияния увеличивается от 35–45 часов в декабре–январе до 280–290 часов в июне–июле (Рис. 2) [4].

По световому режиму территория городского округа Саранск также является благоприятной, режим ультрафиолетового излучения по медико-климатическим характеристикам относит Саранск и Мордовию в целом к оптимальным зонам, а по степени комфортности к зоне с комфортным УФ-режимом [1]. Среднегодовая скорость ветра от 3,3 до 4,8 м/с, преобладающими направлениями ветра в Саранске являются южное и западное, по этой причине большинство промышленных объектов расположено в северной части города.

Благоприятный период для летней рекреации, составляет 91–96 дней, продолжительность купального сезона – 80–90 дней. Продолжительность залегания снежного покрова определяет развитие зимних видов отдыха и составляет 140–150 дней, что оптимально для занятий, например, лыжным спортом. Отметим, что климат Мордовии и Саранска характеризуется наличием четко выраженных сезонов года, что оказывает особое влияние на развитие туризма. Так, в благоприятные (по метеорологическим условиям) периоды – обычно летом – наблюдается высокий сезон с большим количеством туристов, в другие периоды (холодное время года) их число снижается.

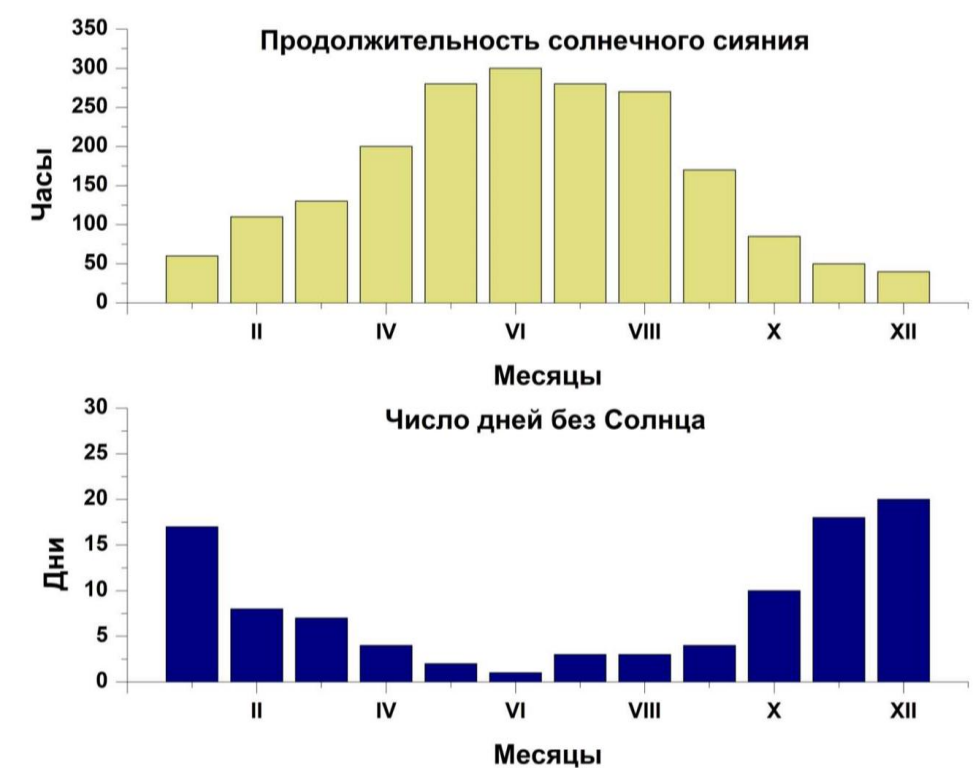


Рис. 2. Показатели солнечной радиации по данным наблюдений метеорологической станции в г. Саранск (<https://www.meteorf.gov.ru>)

Глобальное потепление [5–9] отражается на метеорологических параметрах, например, в Саранске за последние десятилетия растет число опасных природных явлений [10]. Так, в одно из самых жарких лет – 2010 г., был зафиксирован температурный максимум +39,4°C, а за апрель–август выпало 67 мм осадков, что составляет 26 % от климатической нормы. С одной стороны, это привело к возникновению погодных условий характерных для «курортного юга», с другой сухая жаркая погода ограничила возможности проведения экскурсий по городу и событийных мероприятий на открытом воздухе. В целом, учитывая и негативное влияние, можно заключить, что метеорологические факторы формируют на территории города Саранск благоприятные условия для развития различных видов туристской и рекреационной деятельности.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках темы Государственного задания № АААА-А21-121011190016-1.

Библиографический список

1. Территориальная организация туризма в Республике Мордовия: монография / Н.А. Емельянова, М. А. Жулина, А. С. Карасев [и др.]; под общ. ред. доц. М. А. Жулиной. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2017. 272 с. ISBN: 978-5-7103-3364-8 EDN: YRQPVL
2. Oszcewski R., Bluestein M. The new wind chill equivalent temperature chat // Bulletin of the American Meteorological Society. 2005. V. 86. № 10. P. 1453-1458. DOI: 10.1175/BAMS-86-10-1453
3. Li P.W., Chan S.T. Application of a weather stress index for alerting the public to successful weather in Hong Kong // Meteorological Applications. 2000. V. 7. P. 369-375. DOI: 10.1017/S1350482700001602 EDN: FOIYML
4. Меркулов П.И., Меркулова С.В., Хлевина С.Е. Сергейчева С.В. Влияние динамики климатических параметров на первичную биопродуктивность экосистем Республики Мордовия // Вестник Воронежского университета-Серия: География Геоэкология. 2014. № 1. С. 84-92. EDN: SBNEGH
5. Бабина Е.Д., Семенов В.А. Изменения интенсивности колебаний суточной температуры воздуха в диапазонах внутримесячной изменчивости на территории России в 1970-2018 гг. // Известия РАН – Серия географическая. 2022. Т. 86. № 4. С. 528-546. DOI: 10.31857/S2587556622030049 EDN: ZBYFLO
6. Васильев Д.Ю., Ферапонтов Ю.И. Тренды в колебаниях приземной температуры воздуха на примере Башкирии // Известия РАН Серия Географическая. 2015. № 1. С. 77-86. EDN: TNXQGH
7. Васильев Д.Ю., Бабков О.К., Кочеткова Е.С., Семенов В.А. Вейвлет и кросс-вейвлет анализ сумм атмосферных осадков и приповерхностной температуры на Европейской территории России // Известия РАН – Серия географическая. 2017. № 6. С. 63-77. DOI: 10.7868/S0373244417060068 EDN: ZVFRHJ
8. Попова В.В., Бокучава Д.Д., Матвеева Т.А. Экстремальная засуха на Восточно-Европейской равнине в период потепления середины XX столетия: климатические характеристики и аналоги в условиях современного климата // Аридные экосистемы. 2023. Т. 29. № 2(95). С. 3-11. DOI: 10.24412/1993-3916-2023-2-3-11 EDN: CAILXD
9. Семенов В.А., Алешина М.А. Оценка прямого радиационного воздействия в изменения приземной температуры в современный период // Доклады РАН. Науки о Земле. 2021. Т. 497. № 2. С. 155-160. DOI: 10.31857/S2686739721040150 EDN: VSPRSR
10. Хлевина С.Е. Опасные гидрометеорологические явления на территории Мордовии в условиях современного глобального потепления климата // Вестник Мордовского университета. 2005. № 1-2. С. 136-138. EDN: TETAST

И.Л. Лукин, И.К. Мамаева, i@lukinilya.ru
*Пермский государственный национальный исследовательский университет
г. Пермь, Россия*

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА В ГОРОДЕ ПЕРМИ

В статье рассматривается поступление солнечной радиации в кампусе Пермского государственного национального исследовательского университета, последствия длительного воздействия на организм человека солнечной радиации. Даются рекомендации по ограничению вредного воздействия солнечной радиации для города Перми.

Ключевые слова: солнечная радиация, УФ-индекс.

I. Lukin, I. Mamaeva, i@lukinilya.ru
Perm State University, Perm, Russia

THE INFLUENCE OF SOLAR RADIATION ON THE HUMAN BODY IN PERM

The article is devoted to the solar radiation intake on the campus of Perm State University, the consequences of long-term exposure to solar radiation on the human body. Recommendations are given for limiting the harmful effects of solar radiation for the city of Perm.

Keywords: solar radiation, UV index

Солнечная радиация является наиболее мощным источником энергии на нашей планете. Проходя через атмосферу Земли, спектр излучения Солнца изменяется, при этом наиболее губительное для жизни на нашей планете жесткое коротковолновое излучение практически не достигает среды обитания человека. Тем не менее, в доходящем до нас спектре солнечной радиации всё же остаются относительно «вредные» длины волн, приводящие к негативным последствиям для организма человека при чрезмерном нахождении его под непосредственным воздействием солнечных лучей. Солнечные лучи в летнее время сильно воздействуют на человека, что может приводить к солнечным ожогам на коже человека и преждевременному старению организма. С этой точки зрения, наиболее важным является ультрафиолетовое (УФ) излучение. Это коротковолновая радиация с длиной волны от 10 нм до 380 нм. УФ-излучение делится на три категории: УФ-А (длиной волны от 315 нм до 380 нм), УФ-В (длиной волны от 280 нм до 315 нм) и УФ-С (длиной волны от 100 нм до 280 нм). УФ-излучение может быть вредным для живых организмов из-за его высокой энергии и способности вызывать повреждение ДНК, однако наряду с этим имеет и свои положительные стороны, такие как участие в синтезе витамина D в организмах [5]. Для оценки комплексного воздействия на человека именно таких длин волн наиболее часто используется УФ-индекс как показатель, характеризующий уровень ультрафиолетового излучения [9].

Воздействие на кожу ультрафиолетового излучения при солнечном свете оказывает как положительное, так и отрицательное воздействие на здоровье. С положительной стороны, воздействие способствует синтезу витамина D. Предполагается, что витамин D оказывает широкий спектр положительных эффектов для здоровья, которые включают укрепление костей и, возможно, подавление роста некоторых видов рака. Кроме того, длительное пребывание на солнце связано со снижением риска смертности от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), некоторых форм рака. Замена синтезируемого витамина D добавками связана с ограниченной биодоступностью и не приводит к синтезу подкожного оксида азота. Воздействие ультрафиолета также оказывает положительное влияние на уровень эндорфина и, вероятно, на защиту от рассеянного склероза, а обильный видимый свет, попадающий в глаза, полезен для здоровья, поскольку связан со временем синтеза мелатонина, поддержанием

нормальных и устойчивых циркадных ритмов и снижением риска сезонных аффективных расстройств [6].

С другой стороны, ультрафиолет является мутагеном и канцерогеном для кожи. Чрезмерное воздействие может привести к болезненному солнечному ожогу, что может увеличить вероятность развития серьезных проблем с кожей в более позднем возрасте [10]. Известно, что длительное воздействие солнечного света связано с развитием некоторых видов рака кожи, старением кожи, подавлением иммунитета, заболеваниями глаз, такими как катаракта [4]. Доказано, что морщины и птоз на лице усугубляются в течение дня независимо от УФ-излучения, что подтверждает роль гравитации и мышечных движений лица в развитии данных симптомов. Важнейшим фактором, определяющим чувствительность кожи к ультрафиолетовому излучению, является фототип. В настоящее время различают шесть типов кожи по Фицпатрику [8]. Установлено, что люди с I и II типом кожи более чувствительны к УФ-излучению и риск развития симптомов фотоповреждения и новообразований кожи у них значительно выше, чем у лиц с III и IV типом кожи. Известно, что эффекты фотоповреждения кожи определяются кумулятивной дозой облучения, однако до сих пор неясно, какие дозы длительного УФ облучения более мутагенны. Ультрафиолетовые лучи проникают в различные слои кожи в зависимости от их длины волны [1]. Ультрафиолетовое излучение с длиной волны 290-315 нм проникает через непокрытую кожу и преобразует кожный 7-дегидрохолестерин в превитамин D, который, в свою очередь, становится витамином D₃, однако оно не проникает через стекло, поэтому воздействие солнечного света в помещении через окно не приводит к выработке витамина D (рис.1) [2; 11].

Для проведения исследования были использованы полученные данные с устройств автоматической метеостанции Davis Vantage Pro2 [7] (датчики станций установлены по адресу Ганкеля, 8 на крыше, а также на метеоплощадке ПГНИУ по адресу Дзержинского,2). Период исследования с 01.01.2023 по 31.12.2023. Дополнительные данные были взяты из архива сайта https://tr5.ru/Погода_в_Перми [3].



Рис. 1. Результат различного воздействия солнечной радиации на правую и левую стороны лица дальнобойщика за 28 лет [11]

Анализ был произведен по двум характеристикам: солнечная радиация и УФ-индекс. Опираясь на шкалу УФ-индекса (табл. 1) выделялись периоды, когда данный показатель оказывался выше безопасного уровня. Сформулированы следующие основные выводы:

1. С апреля по сентябрь среднестатистический человек должен использовать средства защиты от преждевременного фотостарения кожи.

2. С мая по август среднестатистический человек должен использовать средства защиты от солнечных ожогов, а также других болезней, которые возникают в следствии пренебрежительного отношения к здоровью кожи человека.

3. Учитывая безопасный уровень УФ-индекса (2 и ниже), с апреля по сентябрь наиболее опасными будут часы нахождения на открытом Солнце с 12:00 до 15:00 местного времени.

4. В зимнее время УФ-индекс на крыше 8 корпуса и на метеоплощадке ПГНИУ примерно равны, в другие же сезоны на высоте значения оказываются несколько выше.

5. УФ-индекс и солнечная радиация зависят от широты и долготы, а также от озонового слоя и облачности.

Шкала УФ-индекса [5]

0–2	Низкий	Меры защиты не нужны. Для большинства людей нет опасности вне помещения.
3–5	Умеренный	Необходима защита. В полуденные часы желательно находиться в тени или в помещении, а вне помещения нужно использовать солнцезащитную шляпу с широкими полями и УФ-защитные очки, открытую кожу рекомендуют защищать кремом SPF 15+ каждые 1,5 часа или после каждого купания.
6–7	Высокий	Необходима защита. Обязательно использование солнцезащитных средств, сократите время нахождения под солнечными лучами в период с 10 до 16 часов.
8–10	Очень высокий	Необходима усиленная защита. Обязательно используйте солнцезащитные средства, минимизируйте время нахождения под солнечными лучами в период с 10 до 16 часов.
11+	Чрезмерный	Нужна максимальная защита. Обязательно использование солнцезащитных средств, избегайте нахождения под солнечными лучами. Глаза и открытая кожа могут получить повреждения за считанные минуты.

Библиографический список

1. Кубанов А.А., Жилова М.Б., Кубанова А.А. Фотостарение кожи: механизмы развития, особенности клинических проявлений <https://vestnikdv.ru/jour/article/viewFile/64/65> (дата обращения 27.07.2024).
2. Метаболизм витамина D и пути реализации его основных функций [Электронный ресурс]. URL: <https://led-e.ru/measuring/izmerenie-istochnikov/> (дата обращения 15.06.2024).
3. Погода в Перми. Архив. [Электронный ресурс]. URL: https://rp5.ru/Погода_в_Перми (дата обращения 31.07.2024).
4. Поражение органа зрения ультрафиолетовыми лучами. [Электронный ресурс]. URL: <http://old.семашко62.рф/naucno-popularnye/oftalmologia/porazenie-organa-zrenia-ultrafioletovymi-lucami> (дата обращения 15.06.2024).
5. Что такое УФ-индекс. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.who.int/ru/news-room/questions-and-answers/item/ultraviolet-\(uv\)-index](https://www.who.int/ru/news-room/questions-and-answers/item/ultraviolet-(uv)-index) (дата обращения 08.07.2024).
6. Benefits of Sunlight: A Bright Spot for Human Health. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2290997/> (дата обращения 25.06.2024).
7. Davis Instruments [Электронный ресурс]. URL: <https://www.davisinstruments.com/pages/vantage-pro2> (дата обращения 31.07.2024).
8. Fitzpatrick, Thomas B. The validity and practicality of Sun-reactive skin types I through VI // JAMA Dermatology. American Medical Association. 1988. Vol. 124 (6). P. 869-871. DOI: 10.1001/archderm.124.6.869
9. How is the UV-index Calculated. [Электронный ресурс]. URL: https://web.archive.org/web/20100613192249/http://www.serc.si.edu/labs/photobiology/UVIndex_calculation.aspx (дата обращения 09.07.2024).
10. Quan T, He T, Kang S, Voorhees JJ, Fisher GJ. Solar ultraviolet irradiation reduces collagen in photoaged human skin by blocking transforming growth factor-beta type II receptor/Smad signaling. Am J Pathol. 2004 Sep;165(3):741-51. 10.1016/s0002-9440(10)63337-8. PMID: 15331399; PMCID: PMC1618600. DOI: 10.1016/s0002-9440(10)63337-8.;PMCID
11. The New England Journal of Medicine. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.thesun.co.uk/news/5445161/sun-damage-truck-driver-face/> (дата обращения 18.06.2024).

ДАННЫЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ОСАДКОВ: ДОСТУПНОСТЬ, КАЧЕСТВО, ПРИМЕНИМОСТЬ В ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

В статье рассматриваются данные радиолокационных измерений осадков. Высокое пространственное и временное разрешение радарных данных, несмотря на сравнительно низкую достоверность, позволяет их использовать в качестве входных для гидрологических моделей и прогнозов речного стока малых рек. Для этого необходимы архивы радарных данных, которые отсутствуют в открытом доступе. В работе приведено описание комплекса программ для скачивания и обработки радарных данных из официального открытого источника с целью формирования архива.

Ключевые слова: дистанционные методы измерения осадков, радиолокационные измерения осадков, радарные данные, малые реки.

N.M. Mikhailova, O.V. Ovchinnikova, oovmail@mail.ru, nmmikhailova@yandex.ru
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

RADAR PRECIPITATION DATA: ACCESSIBILITY, QUALITY, APPLICATION FOR HYDROLOGY

The article is devoted to radar precipitation data. Despite relatively low accuracy, radar data can serve as an appropriate input data for hydrologic models and predictions of small rivers' water runoff due to high spatial and temporal resolution of the data. This requires presence of open long-term radar precipitation data datasets which does not exist in Russia. The article includes description of programs for downloading radar data from the official open source in order to create such dataset.

Keywords: remote sensing of precipitation, radar precipitation data, radar data, small rivers

Введение. Атмосферные осадки – основная приходная составляющая водного баланса, поэтому данные о слое осадков необходимы при любых расчётах речного стока. Определение слоя осадков в пределах водосбора при использовании данных наземных контактных методов осуществляется путём интерполяции данных об осадках между имеющимися метеорологическими станциями. Для малых рек при условии отсутствия метеостанций в пределах водосбора подобный метод неприменим из-за преобладающего влияния местных факторов и недостаточной временной дискретности срочных измерений осадков. Таким образом, дистанционные методы измерения осадков (наземные и спутниковые) часто становятся единственным возможным способом определения количества осадков. К наземным методам относятся наземные доплеровские радиолокационные наблюдения, к спутниковым – измерения в инфракрасном и радиодиапазоне длин волн. В России наибольшее пространственное разрешение (1х1 км) имеют наземные радиолокационные измерения и измерения радиометра МСУ-МР спутников «Метеосат-7» и «Метеор-М» [3].

Целью настоящей работы является обзор данных радиолокационных измерений осадков в контексте их применимости в гидрологии, а также описание комплекса программ для их скачивания из открытых источников.

Обзор наземных радиолокационных наблюдений за осадками. Наземные радиолокационные метеорологические измерения являются уникальным средством метеорологических наблюдений. В России они осуществляются на базе доплеровского метеорологического радиолокатора ДМРЛ-С [5]. Основной выходной информацией радиолокационных измерений

(или «радарными данными») является информация о местоположении, характере перемещения, внутренней структуре, метеорологических характеристиках полей облачности и осадков [6]. В настоящее время сеть метеорологических радиолокаторов стала важной частью интегрированной системы метеорологических наблюдений Росгидромета. В единый Центр управления и обработки данных в ФГБУ «ЦАО» передаётся информация с 46 радиолокаторов ДМРЛ-С (на конец первого квартала 2024 года) [1], где совместно обрабатывается по единым алгоритмам [7]. Радиус зоны радиолокационного обзора ДМРЛ составляет до 250 км. Достоверно осадки определяются в радиусе порядка 100 км [2;6]. Потребителям радиолокационная информация предоставляется по запросу либо путём установки ПО «ГИМЕТ-2010» [6], либо через ПС Веб-ГИС «МЕТЕОРАД» [2]. Разрешение выходных данных составляет 1х1, 2х2 или 4х4 км. Выходными радиолокационными данными об осадках являются карты интенсивности осадков R (мм/час) и накопленных сумм осадков Q (мм) [6].

Данные об интенсивности осадков (а также другие выходные данные), поступающие с сети ДМРЛ, подвергаются регулярной валидации и абсолютной калибровке. В качестве эталонов при валидации используются полусуточные/суточные суммы осадков по данным ежедневных измерений осадков на метеорологических станциях сети Росгидромета [5]. При абсолютной калибровке используются данные измерений сумм осадков ≥ 1 -2 мм/24 ч [1]. Отметим, что такая валидация и калибровка являются достаточно грубыми. Также важно, что, согласно методическим указаниям, карты интенсивности осадков позволяют отслеживать местоположение только областей наиболее интенсивных осадков (не менее 30 мм/ч) [6]. В результате погрешность количественной оценки среднесуточного слоя выпавших осадков по данным ДМРЛ может достигать более 50%, а данные о количестве сильных осадков, полученные от ДМРЛ, имеют зачастую значительно заниженные значения [2]. Отдельно осуществляется валидация гроз по следующим показателям: оправдываемость и достоверность. На 2021-2022 годы эти показатели составили в среднем по России 85% и 51%, соответственно [7].

В настоящее время радарные данные используются преимущественно для краткосрочных прогнозов погоды. Есть попытки их использования и для целей краткосрочных гидрологических прогнозов (использовано закрытое программное обеспечение), показана высокая эффективность применения радарных данных в качестве входных при моделировании паводков на малых реках [4]. Наибольшим плюсом радиолокационных данных является возможность получения данных об осадках в любой точке (в пределах видимости ДМЛР) с высоким пространственным и временным разрешением.

Материалы и методы. Открытую информацию об интенсивности осадков (другие продукты радиолокационных наблюдений отсутствуют в открытом доступе) можно найти на официальном сайте Гидрометцентра России в разделе «Прогноз осадков на 2 часа (наукастинг)» по ссылке <https://meteoinfo.ru/nowcasting> (рис. 1), а также в приложении Яндекс Погода и на сайте Яндекса. Открытые данные на сайте Гидрометцентра представляют собой серию карт интенсивности осадков (мм/час) разрешением 1х1 км на текущее время и на 2 часа вперёд на всю территорию России. Вся серия карт обновляется каждые 10 минут.

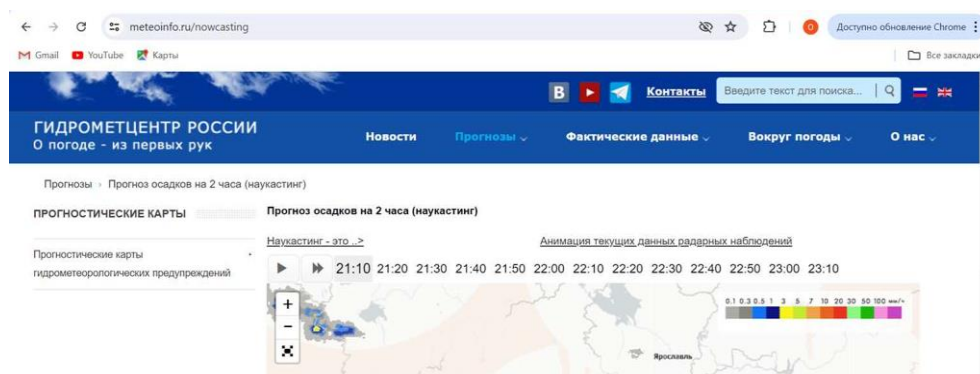


Рис. 1. Скриншот раздела официального сайта Гидрометцентра России, посвящённого радарным данным

Таким образом, пространственное разрешение открытых радарных данных об интенсивности осадков составляет 1х1 км, а временное – 10 минут. Карта интенсивности осадков, отображающаяся на сайте, состоит из множества фрагментов. Каждый фрагмент – это растровое изображение размером 256х256 пикселей. Каждый пиксель кодирует минимальную интенсивность атмосферных осадков (мм/час) на участке размером 1 км² (рис. 2). Каждому фрагменту карты соответствует своя ссылка, которая перестаёт действовать через 2 часа после появления. Итак, в открытом доступе есть текущие радиолокационные данные об осадках, однако, отсутствует архив данных. При этом для применения радарных данных в целях гидрологического моделирования и прогнозирования необходимы продолжительные ряды наблюдений.

В ходе работы было создано две программы на языке программирования Python, позволяющие скачивать, архивировать и обрабатывать карты интенсивности атмосферных осадков на интересующую территорию с официального сайта Гидрометцентра <https://meteoinfo.ru> (рис. 2). Первая программа предназначена для непрерывного скачивания необходимого фрагмента карты с сайта и запускается автоматически 12 раз в день (при этом скачиваются данные за текущее время и за предыдущие 2 часа). В качестве входных данных для работы программы необходимо указать номер интересующего фрагмента карты, а также местоположение интересующего пикселя на заданном фрагменте. Выходными данными программы является совокупность растровых изображений – фрагментов карты интенсивности осадков – за каждые 10 минут за *весь период работы программы* (рис. 2). Вторая программа позволяет обрабатывать всю совокупность скачанных карт. Итогом работы программ является таблица Excel из двух столбцов: время и интенсивность осадков (для заданного пикселя).

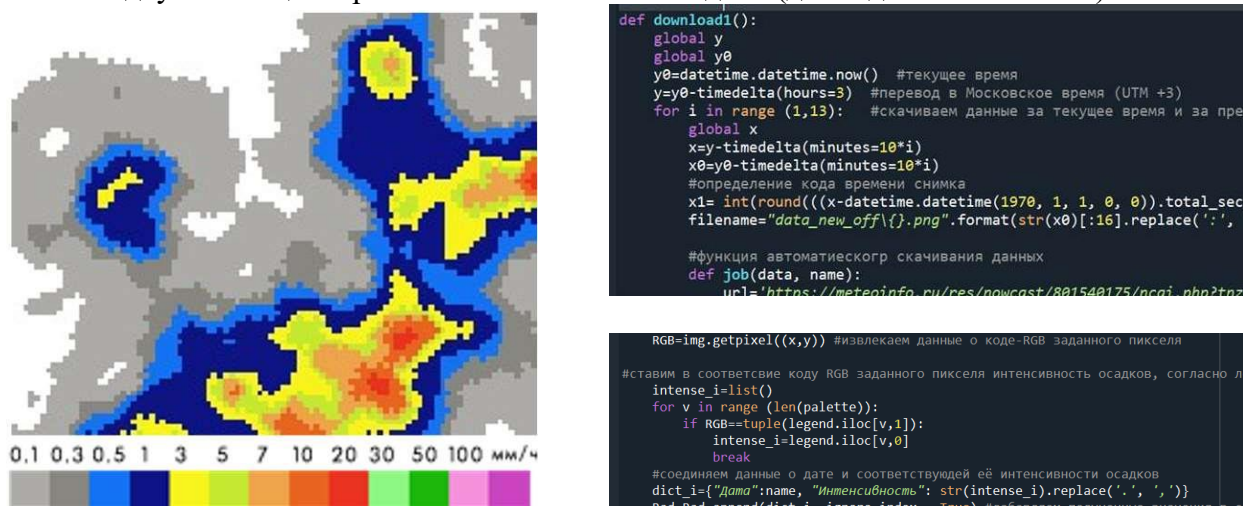


Рис. 2. Фрагмент карты интенсивности осадков с официального сайта Гидрометцентра <https://meteoinfo.ru> (слева), скриншоты фрагментов описанных программ (справа)

Результаты и их обсуждение. Созданные программы позволили получить и апробировать ряд получасовых сумм осадков для малого водосбора (ряд был получен путём осреднения аналогичных рядов для всех пикселей в пределах водосбора). Для анализа был выбран Коньковский ручей – приток р. Чертановки (бассейн р. Москвы, протекает в районе Битцевского парка г. Москвы), площадь изучаемого водосбора – 1,53 км². Бассейн Коньковского ручья находится в радиусе обнаружения ДМРЛ, установленного в аэропорту Внуково, в 18 км к западу от ручья. В ручье установлен автоматический самописец уровней воды (дискретность измерений 30 мин), позволяющий (с помощью функции $Q=f(H)$) перейти к годовому ряду расходов воды. Сравнительный анализ совмещённых графиков хода расхода воды и сумм осадков за 30 предшествующих минут показывает, что почти за каждым дождём, выявленным радаром, следует паводок (рис. 3). Однако выделяются и исключения. Так, за период с 23 июля по 30 июля 2023 года один раз был зафиксирован «ложный дождь», за которым не последовало паводка (выделен зелёным кругом на рис.3), а дожди примерно одинаковой

продолжительности и интенсивности (24 и 27 июля) привели к существенно отличающимся по размерам паводкам (выделены красными кругами на рис. 3).

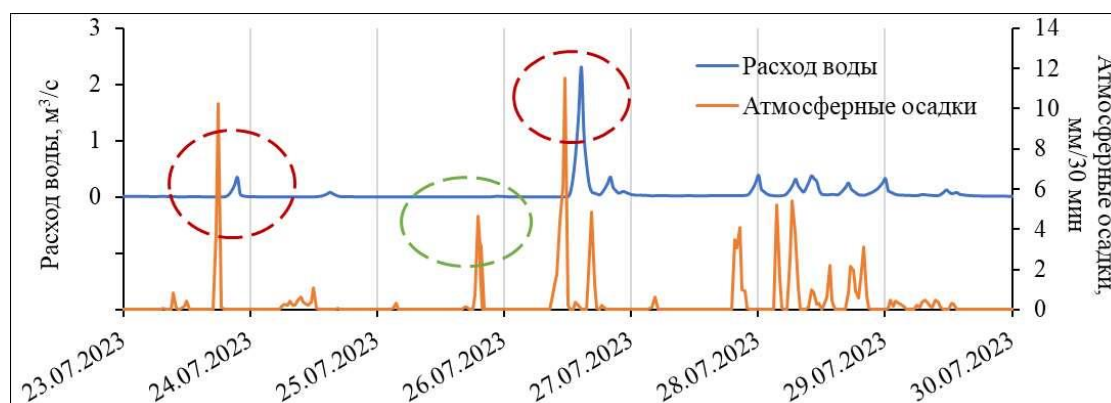


Рис. 3. Совмещённый гидрограф Коньковского ручья и график хода среднего слоя атмосферных осадков (в мм за 30 минут) в пределах изучаемой части водосбора ручья за период с 23 по 30 июля 2023 года

Закключение. Радиолокационные измерения осадков позволяют получать данные об интенсивности атмосферных осадков в любой точке (в пределах видимости ДМЛР) с высоким пространственным ($1 \times 1 \text{ км}^2$) и временным разрешением (10 минут). Для моделирования стока малых рек, а также ручьёв радарные данные являются почти единственным источником информации об атмосферных осадках необходимой дискретности (помимо натурных измерений). Их актуальность повышает низкая густота сети метеорологических станций в России и низкая дискретность срочных наблюдений за атмосферными осадками. Разработанные программы позволяют получить архив радиолокационных измерений осадков ранее доступный только узкому кругу лиц, что открывает новые возможности для изучения и прогнозирования речного стока рек верхних звеньев гидрографической сети.

Библиографический список

1. Аналитический отчёт о результатах р/л наблюдений на сети ДМРЛ Росгидромета в I квартале 2024 г. / Минприроды России, Росгидромет, ФГБУ "ЦАО". Долгопрудный. 2024. 24 с.
2. Инструкция для оперативно-прогностических и авиаметподразделений Росгидромета по использованию информации ДМРЛ в синоптической практике. Первая редакция. / Минприроды России, Росгидромет. М. 2016. 31 с.
3. Косторная А.А. Определение влагосодержания атмосферы и водозапаса облаков по данным российских метеорологических спутников: диссертация на соискание уч. степени канд. физ.-мат. наук / Науч. рук-ль Рублев А.Н.; ФГБУ "НИЦ"Планета". М. 2021. 141 с. EDN: YJPHUE
4. Мельничук А.Ю., Мельничук Ю.В., Марунич А.С., Варенцова Н.А., Савелов Е.Л. Оперативная оценка динамики уровней воды на малых реках по данным радиолокационных измерений осадков // Труды III Всероссийской конференции "Гидрометеорология и экология: достижения и перспективы развития". 2019. С. 604 – 607. EDN: AJEGZJ
5. Методика валидации наблюдений доплеровских метеорологических радиолокаторов, установленных на наземной наблюдательной сети / ФГБУ "ЦАО". Долгопрудный. 2018. 49 с.
6. Методические указания по использованию информации доплеровского метеорологического радиолокатора ДМРЛ-С в синоптической практике. Третья редакция. / Минприроды России, Росгидромет. М. 2019. 129 с.
7. Методическое письмо об итогах работы сети ДМРЛ Росгидромета в 2022 году / Минприроды России, Росгидромет; под ред. Ю.Б. Павлюкова. Долгопрудный: ФГБУ "ЦАО", 2023. 70 с.

К ОСОБЕННОСТЯМ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО И ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМОВ ЗИМНЕГО СТОКА Р. КАМА В СТВОРЕ ПГТ ТЮЛЬКИНО

В статье рассматриваются нетипичный для изучаемой территории феномен синхронного возрастания расхода воды и содержания хлоридов в период конца февраля и марта. Содержание хлоридов в р. Кама (Камское водохранилище) в районе г. Березники является лимитирующим показателем для водозаборов местных предприятий. Анализ факторов формирования высокоминерализованных водных масс в перспективе поспособствует более эффективному использованию водных ресурсов. В качестве гипотезы причины возрастания расхода воды в конце зимнего периода была рассмотрена связь между стоком и атмосферным давлением.

Ключевые слова: качество воды, водохранилища, речной сток, водоснабжение.

M. Oputin, T. Sintsova, maksimopotka@yandex.ru

Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia

THE FEATURES OF THE HYDROLOGICAL AND HYDROCHEMICAL REGIMES OF THE WINTER RUNOFF OF THE KAMA RIVER IN THE FORMATION OF THE TYULKINO SETTLEMENT

The article examines the phenomenon of a synchronous increase in water flow and chloride content during the period of late February and March, which is atypical for the study area. Chloride content in the river. The Kama (Kama Reservoir) in the area of Berezniki is the limiting indicator for water intakes of local enterprises. Analysis of the factors of formation of highly mineralized water masses in the future will contribute to more efficient use of water resources. As a hypothesis for the reason for the increase in water flow at the end of the winter period, the relationship between runoff and atmospheric pressure was considered.

Keywords: water quality, reservoirs, river flow, water supply.

Введение. Лимитирующим показателем для промышленных предприятий, расположенных в г. Березники является содержание хлоридов в р. Каме (Камском водохранилище). Так как технологические процессы на предприятиях весьма чувствительны к содержанию хлоридов, необходимость исследований в области гидрологического и гидрохимического режимов в районе г. Березники трудно переоценить. Важным фактором, определяющим особенности гидрохимического режима водного объекта, является его расположение в зоне активного техногенеза, наличие существенных фильтрационных разгрузок, обусловленных комплексом естественных и техногенных факторов [2;4;5]. Причины значительного возрастания содержания хлоридов у водозабора АО «БСЗ» и связь их с гидрологическим режимом изучаемого участка также рассмотрены [3]. В рамках данной работы анализируется феномен не характерного для периода конец февраля – март увеличения расходов воды, одновременно со значительным возрастанием содержания хлоридов у водозабора ООО «БСЗ» г. Березники. В общем случае дополнительный объем привносимой притоками водной массы должен разбавлять макрокомпоненты, но мы наблюдаем обратную картину в период с конца февраля по конец марта.

Материалы и методы. В режиме полного перемешивания концентрация конкретного поллютанта должна определяться из уравнения материального баланса следующим соотношением:

$$C_j(Q) = \frac{\sum_i^N c_{ji} Q_i}{\sum_i^N Q_i} \quad (1)$$

$C_j(Q)$ – концентрация j консервативного поллютанта в зоне полного перемешивания;

C_{ji} – концентрация j ингредиента в i источнике;

Q_i – расход воды в i источнике.

Частные случаи. Содержания j ингредиента в i источнике определяется естественными почвенно-геохимическими процессами, интенсивность которых обуславливается расходом воды, при этом интенсивность поступления определяется как

$$q_{ij} = C_{ij} Q_i, \quad (2)$$

соответственно, их концентрация в i источнике достаточно постоянна

$$C_{ij} \approx \frac{q_{ij}}{Q_i}. \quad (3)$$

Также схема характерна для формирования естественного фонового потока i веществ в водотоке. Техногенные источники загрязнения характеризуются интенсивностью потока поллютантов, как правило независимой от Q не при $Q_{\text{тех}} \ll Q_{\text{ест}}$, соответственно,

$$C_{\text{тех}i} \approx \frac{q_{\text{тех}i}}{Q}. \quad (4)$$

В более общем случае наблюдаемую зависимость содержания хлоридов от расходов воды можно разбить на три компоненты

$$C_{Cl}(Q) = C_{\text{ест}} + \frac{q_{\text{тех}}}{Q_E + Q_{\text{пр}}} + \frac{C_{\text{приб}} * Q_{\text{пр}}}{Q_E + Q_{\text{пр}}}. \quad (5)$$

Для р. Камы в районе г. Березники уравнение будет иметь следующий вид:

$$C_{Cl}(Q) = \frac{q_{\text{тех}}}{Q_E + Q_{\text{пр}}} + C_E + \frac{C_{\text{пр}} * Q_{\text{пр}}}{Q_E + Q_{\text{пр}}}, \quad (6)$$

при этом $q_{\text{тех}} \sim 5.4$ кг/с, $C_E \sim 30$ мг/л, $Q_{\text{пр}} \sim 70$ мг/с, $C_{\text{пр}} \sim 180$ мг/л.

Обсуждение результатов. Зимний сток рек, обусловленный подземным питанием, носит как правило, монотонно убывающий характер, прерываемый достаточно кратковременным периодом оттепелей, когда может формироваться поверхностный сток. В простейшем случае, исходя из схемы фильтрации Дарси, изменение зимнего стока может иметь следующий характер

$$Q(t) \sim Q_0 / (1 + \alpha \cdot t), \quad (7)$$

где Q_0 – расход воды в начале перехода на подземное питание, α – скорость истощения подземного питания.

Данная схема достаточно хорошо подтверждает наблюдаемую динамику зимнего стока (рис. 1).

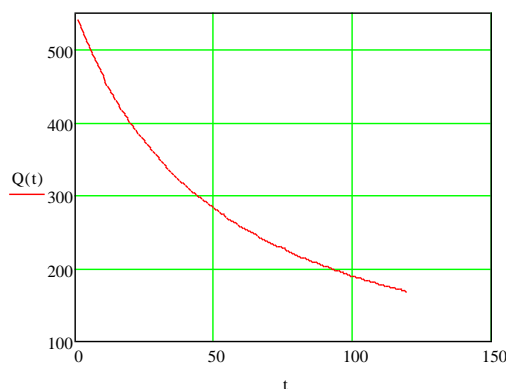


Рис. 1. Типичное изменение динамики зимнего стока (при начальных параметрах расхода воды $Q_0 = 550$ м³/с и скорости истощения $\alpha = 0,019$)

Однако, в зимний период 2023-2024 гг. на реках северной части бассейна р. Камы было зафиксировано существенное возрастание расхода воды в период вторая половина февраля – марта, по сравнению с предшествующим периодом. Возникает вопрос, в чем причина

данного явления, имеющего ключевое значение для обеспечения технического водоснабжения предприятий Соликамско-Березниковского промузла?

Для того, чтобы заниматься детальным анализом возможных метеорологических и гидрологических факторов необходимо прежде всего убедиться в корректности представленной информации.

Характерной особенностью проведения гидрологических наблюдений на данных постах является отсутствие регулярных прямых измерений расходов воды. Текущая оценка расходов воды проводится косвенно, через прямые замеры уровня воды. Надежность данных измерений определяется устойчивостью зависимости $Q=f(z)$, где Q – расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$, z – измеренный уровень воды, м. На устойчивость данной зависимости может оказывать влияние ряд факторов. Однако, эти возмущающие факторы, как правило, локальны и они должны нивелировать при параллельном проведении анализа по нескольким створам.

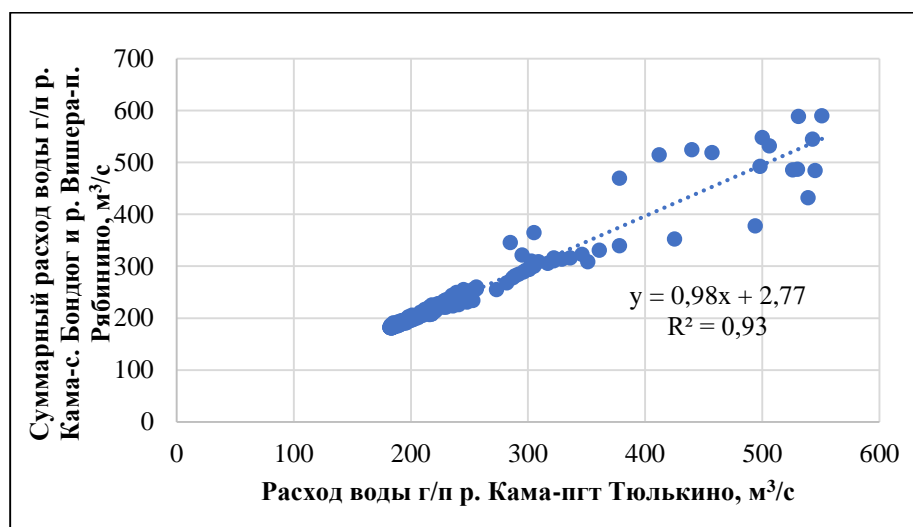


Рис. 2. Зависимость расхода воды в г/п р. Кама – пгт Тюлькино от суммарного расхода воды в створах р. Кама-с. Бондюг и р. Вишера-п. Рябинино без сдвига

Расход воды в створе р. Кама – пгт Тюлькино определяется с учетом времени добегания, как сумма расходов по створам р. Кама – п. Бондюг и р. Вишера – п. Рябинино, так как между рассматриваемыми створами нет впадения других водотоков со значимыми расходами воды, тем более в зимний период.

Зависимость расходов воды на ГП р. Кама – пгт Тюлькино и содержания хлоридов представлена на рисунке 3. График зависимости построен для периода увеличения расходов воды 26.02-26.03, показано, что в этот период наблюдается нехарактерная прямая зависимость между расходами воды и содержанием хлоридов.

На рисунке 4 мы можем наблюдать синхронность колебаний расходов воды и содержания в них хлоридов. Парадокс ситуации в том, что если хлориды имеют техногенный генезис, то их содержание, как следует из соотношения (1), должно быть обратно пропорционально наблюдаемым расходом воды. В то же время особое внимание представляет период с конца февраля до конца марта, когда наблюдается противоположная ситуация, мы можем констатировать нетипичное увеличение расходов воды. В работе [1] рассмотрена гипотеза о влиянии атмосферного давления на уровень грунтовых вод. Согласно выводам авторов статьи главенствующую роль в реакции разгрузки подземных вод в реки на изменение атмосферного давления играет расположенная над зеркалом грунтовых вод область с защемленным внутрипоровым воздухом. При росте атмосферного давления объем воздуха уменьшается, а при падении – увеличивается. В первом случае это приводит к оттоку влаги из насыщенной зоны и к падению их уровня, а во втором к обратным последствиям.

В рамках данной работы также была предпринята попытка установить связь между расходами воды и атмосферным давлением (на метеостанции Чердынь), но значимых коэффициентов корреляции между двумя рассматриваемыми параметрами не обнаружилось.

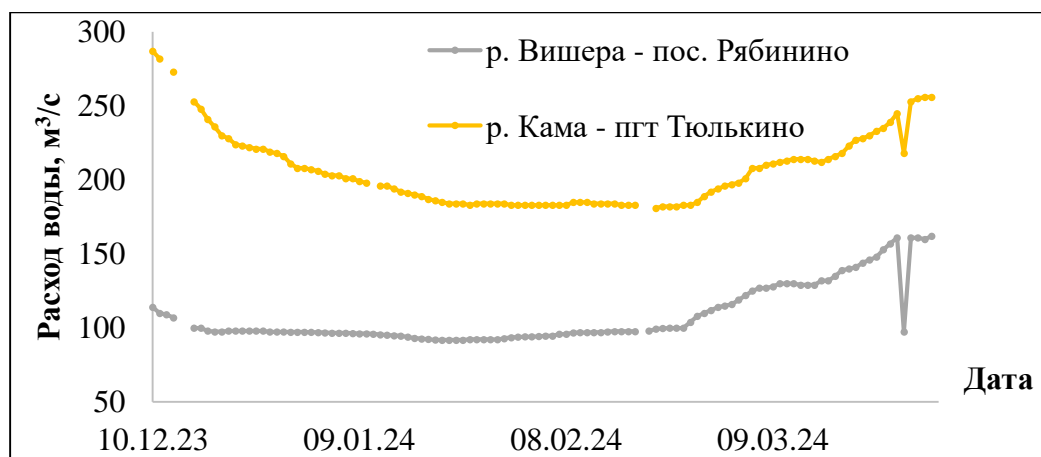


Рис. 3. Гидрографы р. Кама – пгт Тюлькино, р. Вишера – пос. Рябино

Как следует из рисунков 3,4 в период с 21.02-26.03 происходит значительное синхронное возрастание расходов воды и содержания хлоридов, что является не характерной связью между этими двумя параметрами для исследуемого участка Камского водохранилища. Во все остальные периоды связь с расходами воды и содержанием хлоридов является обратной.

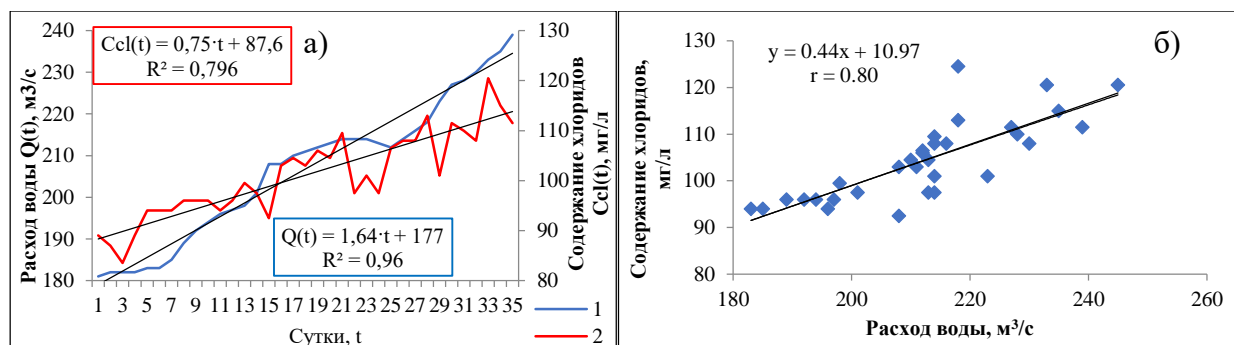


Рис. 4 Синхронность изменения расхода воды $Q(t)$ в створе р. Кама – пгт Тюлькино (1) и наблюдаемого увеличения концентрации хлоридов $C_{cl}(t)$ (2) на водозаборе БСЗ период наблюдений 21.02-26.03.2024 г (а). Зависимость расходов воды на ГП р. Кама – пгт Тюлькино и содержания хлоридов (б)

Заключение. В рамках данной работы рассмотрен феномен нехарактерный для исследуемого района – возрастание расходов воды в период с конца февраля до конца марта. Одновременно с этим наблюдалось возрастание содержания хлоридов у водозабора АО «БСЗ», что также не типично, учитывая увеличивающийся объем водных масс, который должен в общем случае разбавлять содержание макрокомпонентов в реке.

Если рассмотренный феномен не связан с банальной некорректностью оценки измерений расходов воды, то требует очень тщательного анализа, так как он может оказывать серьезное влияние на обеспечение устойчивости технического водоснабжения промышленных предприятий Соликамско-Березниковского промузла.

В качестве одной из гипотез может рассматриваться фактор влияния атмосферного давления на подземные воды. Однако, проведенная попытка установления связей между давлением и расходами воды не привела к положительным результатам, выяснилось, что данная

связь не является хоть сколько-нибудь значимой. Поскольку содержание хлоридов в р. Кама (Камское водохранилище) является лимитирующим показателем для промышленных предприятий Соликамско-Березниковского промузла, изучение факторов формирования высокоминерализованных рассолов, препятствующих эффективному функционированию предприятий, является актуальной задачей, которая требует более глубокого изучения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания (рег. номер НИОКТР: 124020500053-6).

Библиографический список

1. Лавров С.А., Марков М.Л., Скороспехова Т.В. О роли атмосферного давления в процессе формирования стока // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2022. Т. 4. №. 4. С. 401-409. DOI: 10.34753/HS.2022.4.4.401 EDN: CEGPIC
2. Лепихин А. П., Богомолов А. В., Ляхин Ю. С. К особенности формирования качества воды р. Камы (Камского водохранилища) в зимний период в районе г. Березники // Горное эхо. – 2022. – №. 1. – С. 13-25. DOI: 10.7242/echo.2022.1.3 EDN: KJKBQI
3. Лепихин А.П., Возняк А.А., Любимова Т.П., Паршакова Я.Н., Ляхин Ю.С., Богомолов А.В. Исследование особенностей формирования и масштабов диффузного загрязнения, сформированного крупными промышленными комплексами, на примере Соликамского-Березниковского промузла // Водные ресурсы. 2020. Т. 47. № 5. С. 560-566. DOI: 10.31857/S0321059620050120 EDN: SKMMDS
4. Лепихин А.П., Опутин М.А. Особенности гидрологического режима зоны выклинивания подпора Камского водохранилища и его влияние на устойчивость технического водоснабжения предприятий г. Березники // Горное эхо. 2024. №. 1 (94). С. 7-12. DOI: 10.7242/echo.2024.1.2 EDN: RECNJF
5. Любимова Т. П. и др. Особенности гидродинамики водоемов с вертикальной плотностной неоднородностью водных масс в условиях активного техногенеза // Вычислительная механика сплошных сред. – 2023. – Т. 16. – №. 1. – С. 115-124. DOI: 10.7242/1999-6691/2023.16.1.9 EDN: WXPVFZ

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В КАЗАНИ В XIX–XXI ВЕКАХ

Рассмотрены климатические изменения в Казани в XIX–XXI веках на фоне происходящих процессов в Северном полушарии. Дана оценка влияния глобального и циркуляционного факторов в локальные изменения температуры воздуха в Казани в различные месяцы года. С использованием ансамбля климатических моделей проекта CMIP6 спрогнозирована температура в Казани до конца XXI века.

Ключевые слова: климат, температура воздуха, тенденция, корреляция, индексы циркуляции

Y.P. Perevedentsev, N.A. Mirsaeva, V.V. Guryanov, A.A. Nikolaev, G.I. Shishkin,
ypereved@kpfu.ru

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

CLIMATIC CHANGES IN KAZAN IN THE XIX–XXI CENTURIES

Climatic changes in Kazan in the XIX–XXI centuries against the background of ongoing processes in the Northern Hemisphere are considered. The influence of global and circulation factors in local changes of air temperature in Kazan in different months of the year is estimated. Using the ensemble of climatic models of the CMIP6 project the temperature in Kazan up to the end of the XXI century is predicted.

Key words: climate, air temperature, trend, correlation, circulation indices

В 2024 г. в нашей стране отмечается 190-летие образования Гидрометеорологической службы России, созданной для проведения регулярных наблюдений за состоянием атмосферы и гидросферы, прогнозирования погоды, климата и загрязнения окружающей среды в интересах сохранения здоровья населения и развития различных отраслей экономики, в первую очередь сельского хозяйства. Важно отметить, что метеорологическая служба в России была создана в 1834 г. по проекту, разработанному профессором Казанского университета А.Я. Купфером [3].

Регулярные же метеорологические наблюдения в Казани ведут свой отсчет с января 1812 г., с момента образования при Казанском университете по инициативе профессора Ф.К. Броннера Метеорологической обсерватории (МО). По давности непрерывных наблюдений она занимает 3-е место в России (в Санкт-Петербурге регулярные наблюдения начались с 1743 г., а в Москве с 1799 г.) [1].

Многолетние ряды подвергались статистической обработке. Находились средние значения, средние квадратические отклонения, коэффициенты наклона линейного тренда (КНЛТ), вклад линейного тренда в дисперсию температуры. Было выделено шесть 30-и летних периодов: 1841–1870, 1871–1900, 1931–1960, 1961–1990, 1991–2020 гг. Эти базовые периоды приняты Всемирной метеорологической организацией (ВМО) с целью оценки изменчивости климата.

Результаты исследования сводятся к следующему. Определены изменения ТВ за 30-летние периоды в Казани, как это рекомендует ВМО, что позволяет проследить за динамикой климатических изменений (табл. 1).

Таблица 1

Тридцатилетние нормы температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на метеорологической станции Казань, университет за период 1841-2020 гг.

Месяцы	Периоды					
	1841-1870	1871-1900	1901-1930	1931-1960	1961-1990	1991-2020
I	-13,7	-14,3	-12,3	-12,4	-12,2	-9,5
II	11,9	-12,5	-12,0	-12,2	-10,6	-9,2
III	-7,1	-6,6	-5,9	-5,8	-4,2	-2,7
IV	2,9	2,9	4,3	4,5	5,4	6,4
V	12,1	12,9	12,6	12,8	13,8	14,6
VI	17,5	17,1	17,9	18,5	17,9	18,9
VII	20,2	19,8	19,7	20,2	20,2	21,2
VIII	17,6	17,4	17,5	18,2	17,8	18,9
IX	11,3	10,8	11,3	12,2	11,8	12,9
X	3,8	3,9	3,5	4,2	4,5	5,8
XI	-3,6	-4,1	-3,4	-3,0	-2,7	-1,9
XII	-11,4	-10,6	-10,3	-9,6	-8,3	-7,5
Год	3,1	3,1	3,6	3,9	4,4	5,7
Лето	18,4	18,1	18,4	18,9	18,6	19,7
Зима	-12,3	-12,6	-11,5	-11,5	-10,4	-8,7

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что начиная с 1871–1900 гг. осредненные за 30-летний период годовые температуры воздуха повысились к периоду 1991–2020 гг. с 3,1 до 5,7 $^{\circ}\text{C}$, летние температуры с 18,1 до 19,7 $^{\circ}\text{C}$ и зимние с -12,6 до -8,7 $^{\circ}\text{C}$. И если годовые ТВ, начиная с 1871 г., повышались однонаправленно, то летние ТВ понижались на 0,3 $^{\circ}\text{C}$ в 1961-1900 гг., а зимние на 0,05 $^{\circ}\text{C}$ в 1931-1960 гг. Как и следовало ожидать, за весь период наибольшее повышение температуры произошло в самом холодном месяце года – в январе (на 4,8 $^{\circ}\text{C}$), в июле (самом жарком месяце года) рост ТВ составил лишь 1,4 $^{\circ}\text{C}$. Заключительное тридцатилетие (1991–2020 гг.) оказалось заметно теплее всех предыдущих во все месяцы. Следует обратить внимание на то обстоятельство, что период 1871-1900 гг. проявил себя как наиболее холодным не только в Казани, но и в Москве, и в целом по территории России [6]. Согласно выполненным корреляционным оценкам, изменения температуры в Казани тесно связаны с изменениями ТВ на остальных станциях Приволжского федерального округа, что позволяет сделать вывод о характере климатических изменений и в целом по региону за столь длительный период: современное потепление наиболее ярко проявляется в зимний период.

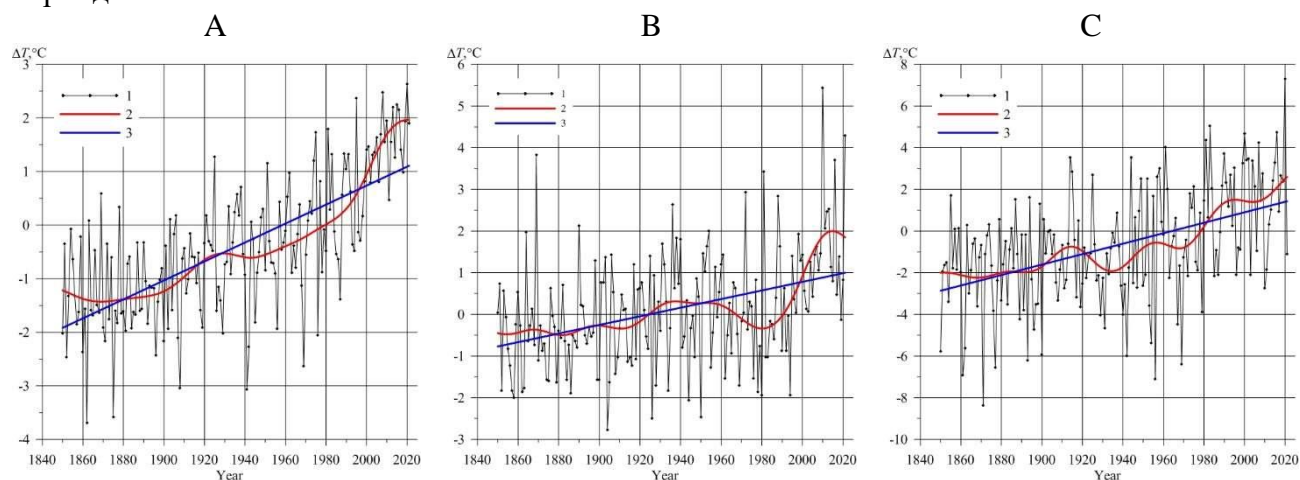


Рис. 1. Аномалии (1961-1990 гг.) приземной температуры воздуха на ст. Казань, университет за год (А), лето (В), зиму (С) (1 – исходный ряд, 2 – низкочастотная компонента с периодом более 35 лет, 3 – линейный тренд)

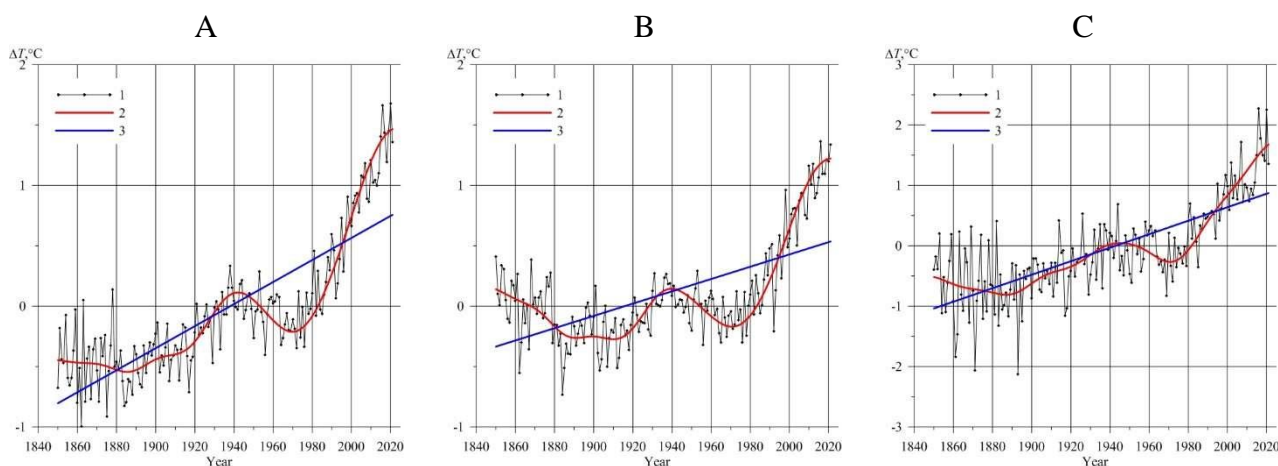


Рис. 2. Аномалии (1961-1990 гг.) приповерхностной температуры воздуха Северного полушария за год (А), лето (В), зиму (С) (1 – исходный ряд, 2 – низкочастотная компонента с периодом более 35 лет, 3 – линейный тренд)

Сравнение многолетнего хода аномалий приземной температуры воздуха, рассчитанных от нормы базового периода 1961-1990 гг., по данным ст. Казань, университет и всего Северного полушария (данные CRU) (рис. 1 и 2), показывает, что в обоих случаях, согласно линейному тренду, наблюдается потепление климата в целом за год и по сезонам. Однако кривая низкочастотной компоненты температуры показывает, что годовое потепление началось в Казани в 1946 г., а в Северном полушарии (СП) активная фаза повышения температуры воздуха началась в 1970 г. Летнее потепление в Казани идет с 1980 г. (в период 2015–2021 гг. оно затормозилось и ТВ за 6 лет понизилась на $0,15^{\circ}\text{C}$), в СП температура растет с 1971 г. Зимнее потепление в Казани началось в 1968 г. и продолжается в настоящее время (за исключением небольшого периода 1995-2004 гг.); в Северном полушарии зимние температуры устойчиво повышаются с 1970 по 2021 гг. Таким образом, современное потепление климата в Казани по срокам не совпадает с аналогичными показателями Северного полушария, однако тенденция регионального потепления четко прослеживается с середины XX столетия.

Для оценки влияния климатических изменений, происходящих в Северном полушарии, рассчитывались коэффициенты корреляции между ТВ ст. Казань, университет и приповерхностной температурой воздуха суши Северного полушария за 1850-2021 гг. Как видно из табл. 2, коэффициенты корреляции значимы для всех месяцев года. Наиболее тесные связи устанавливаются для зимнего периода (в январе $r = 0,68$). Величина коэффициента детерминации R^2 (%) показывает вклад процессов северного полушария в локальные изменения ТВ в Казани. Так, годовой вклад достигает 63%, летом 27% и зимой 43%.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции температуры воздуха на ст. Казань, университет с приповерхностной температурой воздуха суши Северного полушария

	Месяцы и сезоны												Год	Лето	Зима
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			
r	0,68	0,58	0,68	0,52	0,48	0,40	0,40	0,47	0,48	0,53	0,50	0,58	0,79	0,52	0,66
R^2	0,46	0,34	0,46	0,27	0,23	0,16	0,16	0,22	0,23	0,29	0,25	0,33	0,63	0,27	0,43

В табл. 3 представлены коэффициенты корреляции, рассчитанные между ТВ ст. Казань, университет и индексами атмосферной циркуляции ($r \geq 0,24$ значимы на уровне 95%) для периода 1950–2021 гг. Зимой связи ТВ наиболее тесные с индексами NAO, AO ($r > 0$, повышение температуры), отрицательные с индексом SCAND. Летом сильное охлаждающее воздействие на местный климат оказывает колебание EAWR (корреляция отрицательная).

**Коэффициенты корреляции температуры воздуха на ст. Казань,
университет с индексами циркуляции атмосферы**

	Месяцы и сезоны														
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год	Лето	Зима
NAO	0,36	0,40	0,51	-0,13	-0,26	-0,20	-0,10	-0,14	-0,10	-0,08	-0,10	0,50	0,11	-0,22	0,60
AO	0,44	0,38	0,46	-0,05	-0,04	-0,04	0,23	0,01	0,06	0,11	0,23	0,46	0,35	0,03	0,56
EAWR	-0,24	-0,15	-0,26	-0,58	-0,70	-0,57	-0,68	-0,63	-0,78	-0,51	-0,26	-0,24	-0,49	-0,71	-0,02
SCAND	-0,51	-0,57	-0,25	-0,25	-0,22	0,02	0,10	-0,11	-0,10	-0,31	-0,12	-0,26	-0,44	-0,09	-0,49

Для оценки будущих значений ТВ по сезонам для Казани были использованы результаты ансамблевых расчетов 40 моделей CMIP6. При наиболее вероятном сценарии *spr245* зимой температуры воздуха к концу столетия с периода 2021–2040 гг. повысятся от -8,95 до -6,07°C, весной от 5,40 до 7,77°C, летом от 19,75 до 21,87°C, осенью от 6,19 до 8,37°C и в целом за год от 5,6 до 8,0°C. Значительно более высокие темпы потепления ожидают Казань в случае реализации наиболее жесткого (но маловероятного) сценария (радиационный форсинг 8,5 Вт/м²). В этом случае годовая ТВ повысилась бы в Казани до 11,5°C.

Результаты исследований апробированы в [2; 4–5].

Выводы

В заключение приведем ряд региональных климатических выводов, характеризующих изменения климата в XIX–XXI веках.

1. Анализ тридцатилетних норм температур воздуха в период 1841–2020 гг. показал, что в последние 30-летия (1991–2020 гг.) во все месяцы года температура выше, чем в предыдущие 30-летия. Наибольшие тренды температуры обнаружены в 1970–2021 годах. При этом в зимне-весенние месяцы потепление происходит более высокими темпами, чем в остальные.

2. С использованием низкочастотного анализа временных рядов температуры в Казани и по всему северному полушарию в период 1850–2021 гг. выделены периоды повышения (понижения) температуры различной интенсивности. Показано, что периоды потепления более продолжительны и интенсивны, чем периоды похолодания. Низкочастотная компонента выделила квази 60-летние колебания годовой амплитуды температуры воздуха, что объясняется достаточно близкой цикличностью ряда геофизических факторов.

4. Выявлена корреляционная зависимость колебаний ТВ в Казани и в целом в Среднем Поволжье от климатических процессов северного полушария: по годовым показателям коэффициент корреляции достигает значения 0,79; летом 0,52; зимой 0,66, что позволило оценить вклад глобального процесса в региональный: зимой ~43% изменений объясняется глобальным фактором, летом ~27%.

5. Показана зависимость температурного режима в Казани и в целом в Среднем Поволжье от колебаний циркуляции атмосферы: тесные связи с индексами NAO, AO, SCAND; летом с EAWR.

6. Наиболее тесные связи между колебаниями температуры в Казани и в целом в Среднем Поволжье и индексами циркуляции EAWR устанавливаются на временном интервале 1990–2019 гг., что свидетельствует о значимой роли естественных факторов в формировании температурного режима теплого периода года, способствуя понижению температуры воздуха.

Библиографический список

1. Переведенцев Ю.П. Метеорология в Казанском университете: становление, развитие, основные достижения. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2001. 127 с.
2. Переведенцев Ю.П., Шерстюков Б.Г., Мирсаева Н.А., Шанталинский К.М., Гурьянов В.В. Тенденции изменения основных климатических показателей на территории Приволжского федерального округа в XIX-XXI веках // Фундаментальная и прикладная климатология. 2022. Т. 8. № 2. С. 209-237. DOI: 10.21513/2410-8758-2022-2-209-237 EDN: PMUAKY
3. Переведенцев Ю.П., Мирсаева Н.А., Шанталинский К.М. К 100-летию кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Казанского федерального университета // Метеорология и гидрология. 2023. № 9. С. 128-131. EDN: GLNYNJ
4. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Мирсаева Н.А., Николаев А.А., Аухадеев Т.Р., Гурьянов В.В., Шерстюков Б.Г. Климатические изменения на территории Приволжского федерального округа в XX-XXI веках и их последствия для агросферы // Метеорология и гидрология. 2023. № 9. С. 86-99. DOI: 10.52002/0130-2906-2023-9-86-99 EDN: PKBEVI
5. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Мирсаева Н.А., Николаев А.А. Изменения климата на территории Республики Татарстан // Географический вестник. 2024. № 1 (86). С. 103-112. DOI: 10.17072/2079-7877-2024-1-103-112 EDN: ZEOPUZ
6. Современные региональные климатические изменения и их последствия / Ю.П. Переведенцев, М.В. Сабирова, Н.В. Исмаилов и др.; под ред. Ю.П. Переведенцева, Н.А. Мирсаевой, В.Н. Павловой. М.: Русайнс, 2024. 223 с. ISBN: 978-5-466-06556-5 EDN: CVXRIB

Е.В. Пищальникова^{1,2}, Е.С. Левина¹, evapopova@rambler.ru

¹Пермский государственный национальный исследовательский университет,
г. Пермь, Россия

²Пермский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды –
филиал ФГБУ «Уральское УГМС», г. Пермь, Россия

МЕТЕЛЕВЫЙ ВЕТЕР В ПЕРМСКОМ КРАЕ

В статье рассматриваются метеорологические условия, способствующие формированию метелевого переноса. Выполнен анализ повторяемости метелевого ветра по месяцам, сезонам, а также по скорости и направлению ветрового потока. Сведения о метелевом ветре необходимы не только при проектировании и строительстве новых дорог и мостов, но и для содержания существующих.

Ключевые слова: ветер, снежный покров, метелевый ветер.

E.V. Pishchalnikova^{1,2}, E.S. Levina¹, evapopova@rambler.ru

¹Perm State University, Perm, Russia

²Perm Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring, Perm, Russia

BLIZZARD WIND IN THE PERM REGION

The article discusses meteorological conditions that contribute to the formation of snow-storm transport. An analysis of the frequency of blizzard winds by month, season, as well as by the speed and direction of the wind flow was carried out. Information about snowstorm winds is necessary not only for the design and construction of new roads and bridges, but also for the maintenance of existing ones.

Keywords: wind, snow cover, blizzard wind.

Изучение условий образования метелевого ветра в конкретном регионе обычно включает анализ климатических данных, характеристик местности, ветровых условий и особенностей снегопадов. С учетом изменяющегося климата и его воздействия на погодные условия знания о формировании метелевого ветра являются актуальными в связи с важностью понимания и прогнозирования безопасной жизнедеятельности человека.

В Пермском крае залегание снежного покрова наблюдается на протяжении 6–7 месяцев, при этом территория региона отличается сложным рельефом, что в свою очередь оказывает влияние на условия формирования и распределения снежного покрова, а также динамику его характеристик. В Пермском крае за последние 30 лет наблюдается тенденция к уменьшению продолжительности залегания устойчивого снежного покрова со сдвигом периода его существования на более поздние сроки. Средняя продолжительность залегания устойчивого снежного покрова в Пермском крае составляет 169 дней, значения изменяются от 153 дней на юго-западе до 193 дней на севере-востоке края. Средняя высота снежного покрова по Пермскому краю составляет 37 см, изменяясь от 24 см до 51 см [1].

Наземный транспорт – одна из наиболее зависимых от погоды отраслей экономики. Влияние меняющихся климатических условий важно учитывать при планировании, проектировании, строительстве и эксплуатации транспортной инфраструктуры. Транспортная система Пермского края включает железнодорожный, автомобильный, внутренний водный, воздушный и трубопроводный транспорт. Через Пермский край проходит федеральная автомобильная дорога Санкт-Петербург – Киров – Пермь – Екатеринбург. Федеральные магистрали дополняются территориальными дорогами. К числу важнейших относятся дороги, идущие в северные районы области: Пермь – Березники, Кунгур – Соликамск – Красновишерск (с от-

ветвлением на г. Чердынь и далее поселок Ныроб), и на юг Прикамья: Кукуштан – Чайковский, Пермь – Юго-Камский – Крылово – Барда – Куеда, Барда – Чернушка, Голдыревский – Орда – Октябрьский, Большая Соснова – Черновское – Кельчино (Удмуртская республика). В меньшей степени на территории области представлены дороги «широтного» направления. Среди основных – дорога, идущая из Удмуртии через Чайковский, Куеду, Чернушку в Октябрьский район. В целом протяженность автомобильных дорог общего пользования в крае составляет более 32 тысяч км [3].

Главным источником снежных отложений на дороге является снегоперенос и снегопринос, вызванный метелями. Снегоперенос – объем снега, который переносится через заданную точку со всех направлений за зимний период. Снегопринос – объем снега, приносимого метелью к одной какой-либо стороне дороги. Метелевый режим в районе прохождения автомобильной дороги определяется рядом факторов.

Основными из них являются:

- количество метелей при различных направлениях ветра;
- продолжительность метелей по румбам;
- интенсивность метелей;
- объемы снегопереноса по румбам и суммарные за год;
- объемы снегоприноса к автомобильным дорогам различного направления.

В данном исследовании для изучения повторяемости метелевого ветра в Пермском крае использовался аналитический метод, описанный в «Методических рекомендациях по расчету специализированных климатических характеристик для обслуживания различных отраслей экономики. Строительство. Транспорт» от Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова (ФГБУ «ГГО») [2], в основу которого положена зависимость между осредненной интенсивностью горизонтального переноса снега и скоростью ветра на высоте флюгера. Для этого из архивных данных метеорологических станций (МС) Пермского края за период ноябрь – март 2014 – 2023 гг. была произведена выборка случаев (сроки, в которые наблюдались все 3 явления) со следующими метеорологическими условиями:

- температура воздуха ниже 0°C;
- скорость ветра на высоте флюгера более 6 м/с;
- высота снежного покрова (по постоянной рейке) не менее 10 см.

Преобладающей при метелевом ветре стала скорость 7 м/с, которая отмечалась в 68% случаев. Повторяемости скоростей ветра 8, 9, 10, 11 м/с оказались равны соответственно 19, 8, 2 и 3% (рис. 1). Максимальная скорость ветра (11 м/с) была зафиксирована в Березниках, Осе, Чердыни, Косе, Бисере и Чернушке. Наибольшая повторяемость сильных ветров (10–11 м/с) наблюдалась на крайнем юге региона. Причиной этому может служить орография, характеризующаяся равнинной, лишенной растительности, местности, что положительно сказывается на повторяемости сильных ветров и не препятствует снегопереносу.

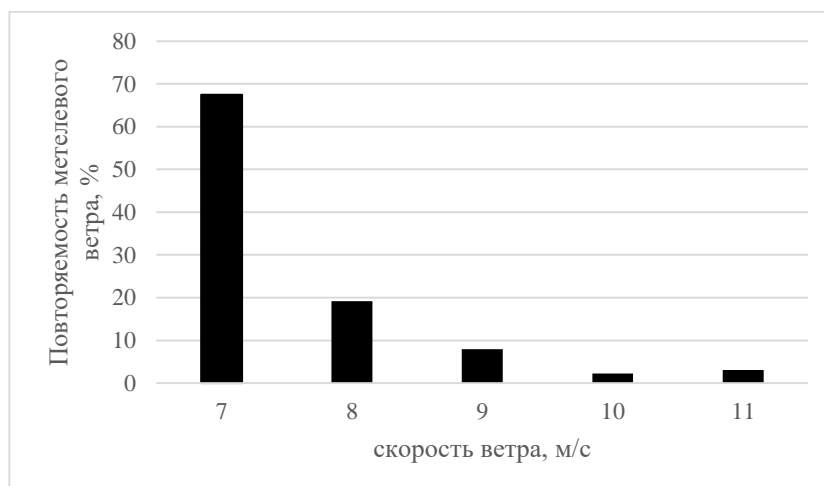


Рис.1. Скоростной режим воздушного потока при метелевом ветре

В результате систематизации и анализа структурированных данных была построена карта (рис. 2) повторяемости метелевых ветров на территории Пермского края за период 2014–2023 гг. На северо-западе, юго-западе, северо-востоке и отдельных центральных районах Пермского края отмечается низкая повторяемость метелевых ветров (менее 10 случаев за 10 лет), что связано с наличием естественного равнинного ландшафта с лесной растительностью, которая препятствует образованию метелей. Кроме того, на юго-западе региона более высокий температурный фон (частые оттепели) и низкие скорости ветра относительно соседних метеостанций вносят дополнительный вклад. Для главного транспортного узла региона (по данным МС Пермь) наблюдается низкая повторяемость метелевых ветров (менее 60 случаев). На условной линии Чайковский – Пермь – Губаха в метелевый снегоперенос мал, за исключением МС Оса, где частота метелевого ветра значительно выше (63 случая), что можно объяснить пониженным расположением рельефа. Высокая повторяемость (178–257 случаев) зафиксирована на востоке (МС Бисер), западе (Верещагино) и на севере (Чердынь, Березники). Такое географически неравномерное распределение повторяемости метелевых ветров можно объяснить орографией и местными физико-географическими особенностями. Наибольшая повторяемость метелевых ветров наблюдается на крайнем юге территории – на МС Чернушка (326 случаев), что может быть объяснено как синоптическими условиями (влиянием отрога Сибирского антициклона, по периферии которого создаются дополнительные условия для увеличения скорости ветра в зимний период), так и физико-географическими: большой процент открытых участков положительно сказывается на повторяемости сильных ветров.

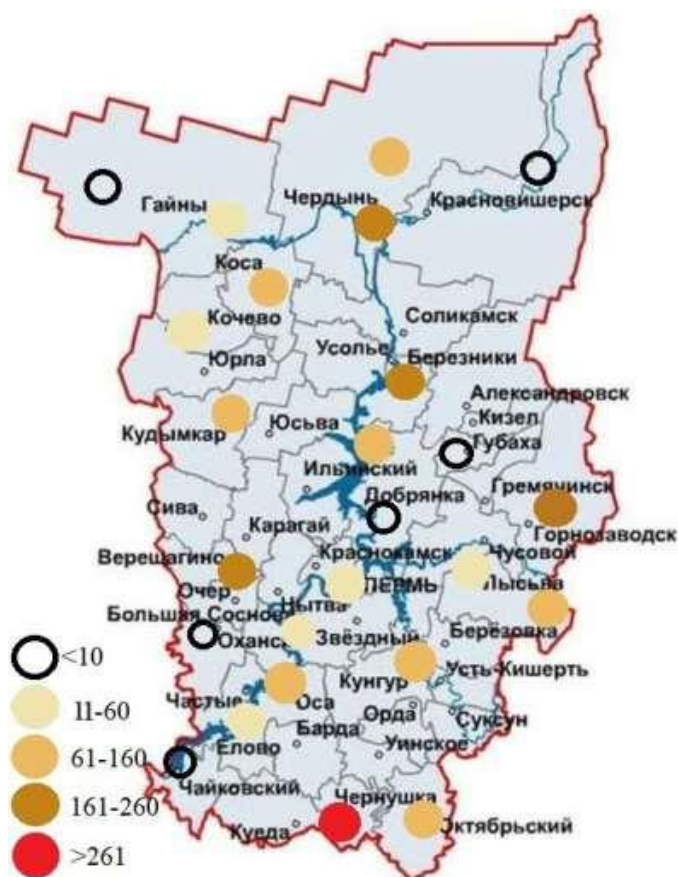


Рис. 2. Пространственное распределение повторяемости метелевых ветров

Временное распределение частоты возникновения метелевого ветра указывает на убывание данного явления в регионе (рис. 3). Наименьшая частота зафиксирована в холодном периоде 2020–2021 гг. (123 случая). Причиной этому служат температурные аномалии: зима стала самой тёплой за всю историю регулярных метеонаблюдений, с частыми оттепелями, что отразилось и на высоте снежного покрова.

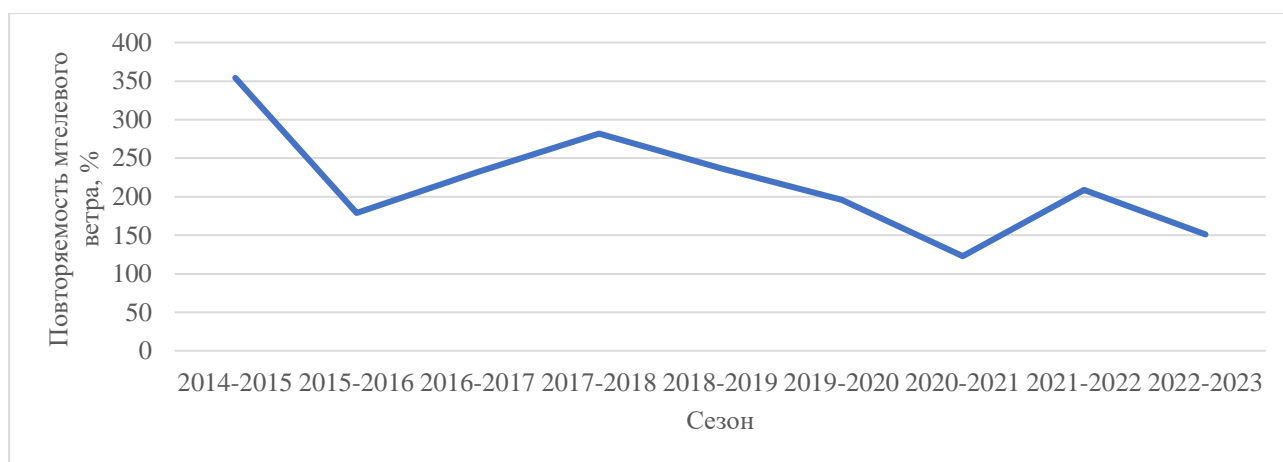


Рис. 3. Динамика частоты метелевого ветра

Больше всего случаев возникновения метелевого ветра отмечалось в зимний сезон 2014–2015 г. (354 случая). В течение большей части зимы очаг положительной аномалии температуры располагался на северо-западе Европейской России, а отрицательной – на севере Западной Сибири. Такое распределение аномалий было обусловлено особенностями атмосферной циркуляции – на Европейскую Россию с западными и юго-западными потоками регулярно распространялся тёплый воздух с Атлантического океана, а на северо-восток ЕТР и север Западной Сибири в январе – феврале происходили регулярные арктические вторжения по южной периферии Арктического антициклона. В результате на Урале преобладала неустойчивая погода с избытком осадков и резкими колебаниями температуры воздуха. В январе – феврале происходили неоднократные мощные арктические вторжения. Количество осадков в зимний период выпало больше климатической нормы на 20–50% в большинстве районов края. В декабре сумма осадков составила в основном 1,5–2 месячных нормы и местами превысила 100 мм [4].

Таким образом, на формирование метелевого ветра, кроме метеорологических условий (температура воздуха, скорость ветра, высота снежного покрова), оказывают влияние и местные физико-географические условия.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда № 24-27-00054.

Библиографический список

1. Крючков А.Д., О.В. Истомина Динамика снежного покрова на территории Пермского края за период 1988-2018 гг. // Вестник Удмуртского университета. Серия Биологи. Науки о Земле. 2019. Т.29. С. 243-250. DOI: 10.35634/2412-9518-2019-29-2-243-251 EDN: PWFYAR
2. Методические рекомендации по расчету специализированных климатических характеристик для обслуживания различных отраслей экономики. Строительство. Транспорт. / Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова (ФГБУ "ГГО"); Сост. Н.В. Кобышева, М.В. Ключева, Е.А. Акентьева, В.В. Стадник, Л.М. Псаломщикова, А.А. Петерс, Г.Б. Пигольцина, Е.Н. Разова, Д.В. Фасолько. Санкт-Петербург, 2017. 161 с. URL: https://vk.com/doc-34483221_638587280?hash=s6sfhgM0kSgEzS7ibVh3mIFQDO5TMZxLmgsANPW7pFD&dl=wY ZkMt5IowRBL4sEbQFCFgAkrZupzzdQRIPzTFqKqtD (Дата обращения: 13.01.2024).
3. Научно-образовательный портал "Большая российская энциклопедия". URL: <https://bigenc.ru/c/permskii-krai-khoziaistvo-transport-f743c9/references>. (Дата обращения: 3.06.2024).
4. Официальный сайт Пермского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. URL: <https://www.meteo.perm.ru/obzory-pogody> (Дата обращения: 15.05.2024).

А.А. Поморцева, miladys@ya.ru

*Пермский государственный национальный исследовательский университет
г. Пермь, Россия***МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВЕСЕННИХ ГРОЗ**

В статье рассматриваются метеорологические условия развития весенних гроз на территории Пермского края за 2014-2023 гг. по данным сети наземных метеорологических станций и метеорологического радара ДМРЛ-С (Ижевск, Пермь).

Ключевые слова: гроза, циклоническая деятельность, метеорологический радар.

А. Pomortseva, miladys@ya.ru

*Perm State University, Perm, Russia***METEOROLOGICAL CONDITIONS OF SPRING THUNDERSTORMS**

The article discusses the meteorological conditions of the development of spring thunderstorms in the Perm Territory for 2014-2023. According to the network of ground-based meteorological stations and the meteorological radar DMRL-C (Izhevsk, Perm).

Keywords: thunderstorm, cyclonic activity, meteorological radar.

Гроза — комплексное опасное явление погоды, которое формируется в кучево-дождевых облаках в результате их эволюции, и сопровождается рядом конвективных явлений: ливневыми осадками, шквалом, градом. Грозы, образующиеся на Урале весной, специфичны: они развиваются при более низких температурах в атмосфере, менее мощной облачности и обладают меньшей энергией, чем летом. Оценка метеорологических условий образования весенних гроз представляет научный и практический интерес для уточнения диагностических и прогностических признаков этого опасного явления.

Для анализа грозовой деятельности на территории Пермского края за весенние месяцы периода с 2014 по 2023 гг. была отобрана информация о дате и времени явления «гроза» на метеорологических станциях (МС), имеющих различное географическое положение (на севере Пермского края информация о грозах отбиралась на МС Кудымкар, Чермоз, на западе — Б. Соснова, Ножовка, на юге — Чайковский, Оса, на востоке — Губаха, в центральной части — Пермь, Добрянка). За указанный период было зафиксировано 46 случаев грозы: в апреле — 4, в мае — 42 случая; в марте грозы не зарегистрированы (за 1 случай приняты сутки с грозой на территории исследования). При этом грозы, отмечавшиеся в апреле, были вызваны деятельностью динамической конвекции. Такая ситуация может быть обусловлена высокими температурами воздуха не характерными для данного месяца. Так как поверхность земли остывает и не успевает прогреться, возникает разница температур в воздушных массах, что приводит к восходящим токам воздуха, насыщенным влагой, что в свою очередь является причиной образования гроз [1, 2].

Отметим хорошо выраженный суточный ход весенних гроз с минимумом утром и ночью, и максимумом в послеполуденные часы. Так в сроки от 0 до 12 ч местного времени отмечалось 16 % всех гроз, в сроки от 13 до 24 ч — 84 %.

За исследуемый период наибольшая грозовая активность отмечалась весной 2015 г. (8 дней с грозой), а наименьшая — в 2021 и 2022 гг. (по 2 дня).

Преобладающее большинство весенних гроз вызвано прохождением атмосферных фронтов. При этом, 42 % гроз формируются на фронтах окклюзии, 35 % — на холодных фронтах, 12 % — на волновых фронтах, 11 % — на теплых фронтах.

Контраст температуры в зоне фронта вне зависимости от его типа в 2/3 случаев составляет 5–8°C, в 1/3 — 9–12°C.

Оценивая метеорологические условия развития весенних гроз можно указать, что они возникают в глубоких циклонах, где атмосферное давление принимает значения от 991 до 1000 гПа, сила ветра составляет 5-10 м/с, видимость 4000 м, между сроками отмечаются ливневые осадки, облачность 8 октантов, облака вертикального развития кучево- дождевые с наковальней, температура воздуха 12-26 °С, воздух влажный.

Повышение эффективности метеорологического наблюдения за грозами и уточнение прогноза гроз особенно в весенний сезон может быть осуществлено при совместном использовании данных МС и метеорологического радара. Радары могут обнаруживать влажность, движение и интенсивность осадков в атмосфере, в то время как МС могут предоставлять данные о температуре, влажности воздуха, давлении и других метеорологических параметрах на земной поверхности. Радар фиксирует грозоопасное состояние облака до момента первого грозового разряда и незамедлительно при развитии грозы над территорией, не попадающей в зону охвата наблюдателя на метеостанции [3].

16 мая 2022 г. на территории Пермского края гроза была зафиксирована в южной части края (рис. 1, 2).

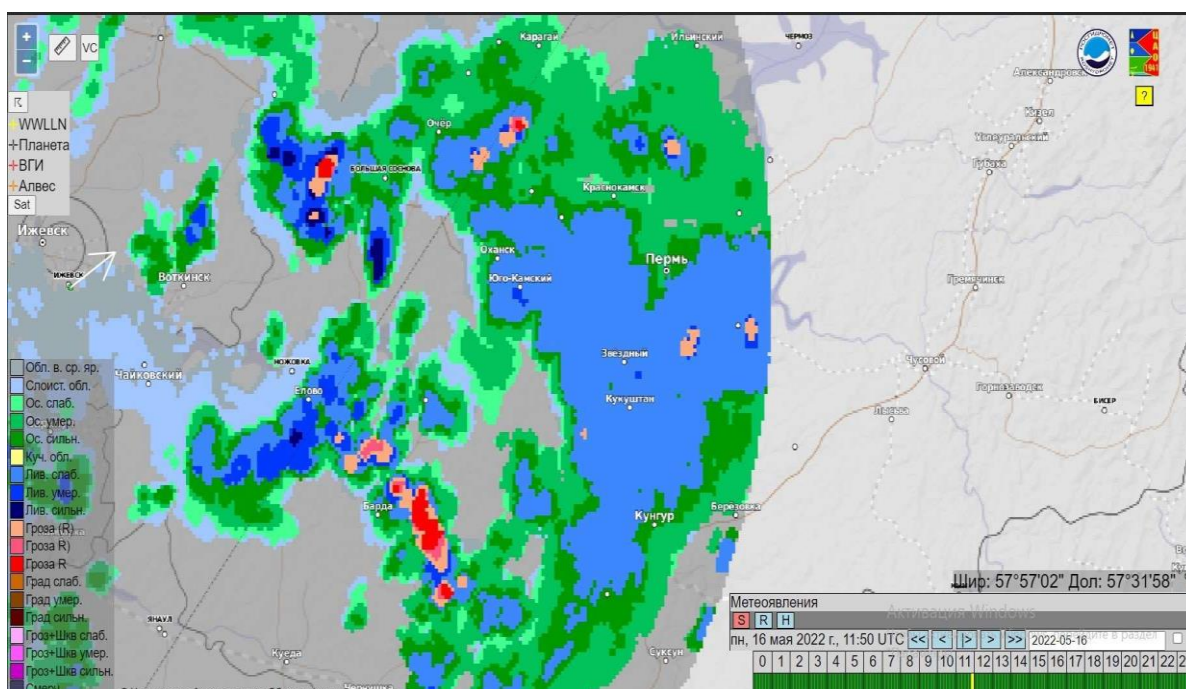


Рис.1. Карта метеоявлений ДМРЛ-С Ижевск за 16.05.2022 г., срок 11:50 всв

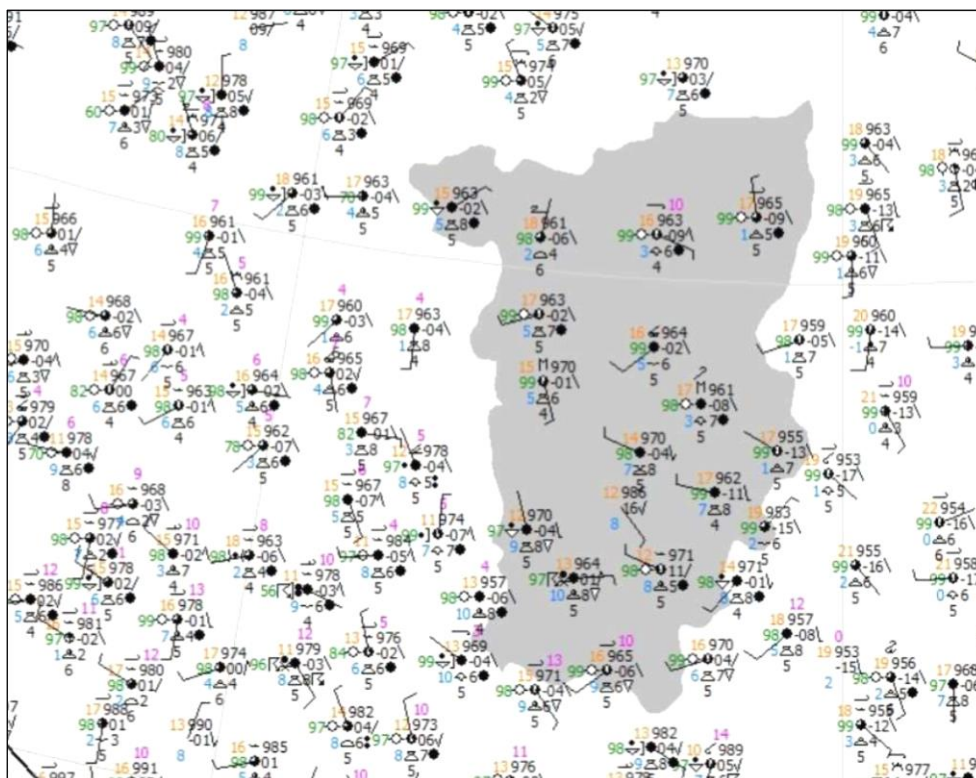


Рис.2. Фрагмент синоптической карты за 16.05.2022 г., срок 12:00 всв

Согласно синоптической карте в срок, совпадающий со сроком радиолокационного обзора, наблюдателем зафиксированы ливни и гроза. На карте метеоявлений ДМРЛ-С замечены множественные очаги грозовой активности. Таким образом объединение различных источников информации дает более полное представление о погодных условиях, что критически важно для принятия своевременных и обоснованных решений в области прогнозов.

Библиографический список

1. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 616 с.
2. Мазин И.П., Хргиан А.Х. и др. Облака и облачная атмосфера: Справочник. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 646 с.
3. Поморцева, А.А. Использование метеорадаров в синоптической практике: Пермь: ПГНИУ, 2021. 89 с.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ВОДООХРАННЫХ ЗОН РЕК (НА ПРИМЕРЕ Р. ВАСЮГАН)

Выполнен анализ взаимодействия речных и грунтовых вод в долине р. Васюган (Западная Сибирь) с целью уточнения методики определения границ водоохранных зон. Предложено: 1) оценивать береговую линию по среднему максимальному уровню воды, а границу поймы – по максимальному уровню обеспеченностью 1%; 2) в качестве водоохранной зоны рассматривать пойму с учетом подтопления.

Ключевые слова: водоохранные зоны, река Васюган, Западная Сибирь.

O. Savichev, OSavichev@mail.ru

Tomsk polytechnic university, Tomsk, Russia

HYDROLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL ASPECTS OF DETERMINING THE BOUNDARIES OF RIVER WATER PROTECTION ZONES (BASED ON THE EXAMPLE OF THE VASYUGAN RIVER)

An analysis of the conditions of interaction between river and groundwater in the Vasyugan River valley (Western Siberia) was carried out in order to clarify the methodology for determining the boundaries of water protection zones. It was suggested: 1) to determine the coastline according to the average maximum water level, and the floodplain boundary are according to the maximum level of 1% security; 2) consider the floodplain as a water protection zone, taking into account flooding.

Keywords: water protection zones, the Vasyugan River, Western Siberia.

Согласно [2], под водоохранными зонами (ВЗ) поверхностных водных объектов понимаются примыкающие к береговой линии (границам) территории, на которых устанавливается специальный режим деятельности в природоохранных целях. При этом определение границ ВЗ является необходимой частью инженерных изысканий и мероприятий по охране и использованию водных объектов. Первоначально предполагалось, что в пределах водоохранной зоны отсутствуют источники загрязнения вод, а поверхностный сток, поступающий с прилегающих территорий, вследствие инфильтрации переходит в подземный. При этом усиливается самоочищение вод за счет процессов осаждения малорастворимых соединений и сорбции загрязняющих веществ за счет увеличения площади и времени взаимодействий в системе «вода – порода» [1]. В настоящее время алгоритм определения границ водоохранных зон более формализован. В частности, для рек ширина ВЗ (в одну сторону поперечного профиля) устанавливается в зависимости от их длины: до 10 км – 50 м; от 10 до 50 км – 100 м; более 50 км – 200 м [2]. С одной стороны, подобный подход уменьшает неоднозначность при выполнении работ, но, с другой стороны, – нет уверенности, что наличие водоохранных зон обеспечивает снижение загрязнения рек. К этому следует также добавить трудоемкость и неоднозначность процедуры определения положения береговой линии рек, которая, согласно [2; 7], оценивается по среднемноголетнему уровню воды в реке в период отсутствия ледяного покрова. Наиболее понятный случай – гидрологически изученная река, а пост наблюдений расположен не далее 3 км от створа на бесприточном участке (условие переноса уровней воды согласно [5]). В прочих случаях методическая основа определения береговой линии сопряжена с рядом пока недостаточно раскрытых вопросов в части как соответствия различным нормативным требованиям, так и собственно методики гидрологических расчетов.

Краткий обзор этой проблемы и некоторые предложения по ее решению применительно к рекам Томской области приведены в работе [8]. В частности, показано, что, во-первых, результаты определения береговой линии рек, полученные путем осреднения среднесуточных уровней воды за период открытого русла и среднемесячных уровней во время весенне-летнего половодья и летне-осенней межени (в границах, указанных в [5]), статистически сопоставимы (с уровнем значимости 5 %). Во-вторых, предложено определять береговую линию по среднему максимальному уровню, а пойму – по максимальному уровню обеспеченностью 1 %. С учетом этих результатов автором более подробно рассмотрены условия формирования водного режима равнинной реки с целью более точной оценки границ ВЗ.

Исследование выполнено на примере левого притока р. Обь – р. Васюган в створе с. Новый Васюган. Площадь водосбора в указанном створе – 19000 км², полная площадь – 61800 км²; заболоченность водосбора в створе с. Новый Васюган – 35 %, лесистость – 64 %, озерность – 1 %; гидрологические наблюдения проводятся с 1959 г. Расчетный створ выбран с учетом проведенных в марте – апреле 2011 г. гидрологических и гидрогеологических исследований и расположен примерно в 3 км выше по течению от поста Росгидромета (27 скважин на профиле длиной около 18 км от междуречья рек Васюган и Чебачья до р. Оленевка, в том числе 14 скважин на расчетном участке долины р. Васюган шириной 3 км; также использовались результаты изучения фильтрационных свойств грунтов на прилегающих территориях). Характерные уровни воды р. Васюган в этом створе характеризуются следующими значениями (в Балтийской системе высот): среднемноголетний $Hr(y)=65.49$ м; среднее из среднемесячных уровней за апрель – ноябрь $Hr(IV-XII)=66.15$ м; средний за период открытого русла (по среднесуточным уровням; соответствует береговой линии) $Hr(B3)=66.33$ м; средний максимальный $Hr-max(a)=73.63$ м; максимальный обеспеченностью 10 % $Hr-max(10\%)=73.52$ м; максимальный обеспеченностью 1 % $Hr-max(1\%)=74.29$ м. Более подробная информация приведена в [8].

Для достижения поставленной цели было рассчитано положение уровней грунтовых вод по состоянию на 30.03.2011 г. (конец зимней межени; уровень воды в р. Васюган $Hr(30.03)=64.51$ м) и 24.04.2011 г. (подъем половодья $Hr(30.03)=70.30$ м) с использованием уравнения Дюпюи в виде (1):

$$H_{gr(x)} = \sqrt{H_{gr(1)}^2 - \frac{H_{gr(1)}^2 - H_{gr(2)}^2}{L_{1-2}} + \frac{Inf}{K_f} \cdot (L_{1-2} - x) \cdot x}, \quad (1)$$

где $H_{gr(1)}$ и $H_{gr(2)}$ – уровни воды в смежных водотоках 1 и 2, расположенных на расстоянии L_{1-2} друг от друга; $H_{gr(x)}$ – уровень грунтовых вод на расстоянии x от уреза реки 1; Inf – инфильтрация; K_f – коэффициент фильтрации. Учитывая, что гидрогеологические работы проводились неравномерно во времени в разных частях профиля, выполнен поиск зависимостей величины Inf/K_f от ряда характеристик, включая эффективное увлажнение P_e , которое рассчитывалось как сумма жидких атмосферных осадков $P_{r,t}$ и водоотдачи из снежного покрова с учетом рекомендаций [3].

В результате выполненных работ установлено, что, во-первых, между величинами Inf/K_f и Inf наблюдается прямая линейная связь $Inf = (0.294 \pm 0.001) \cdot Inf/K_f$, что в первом приближении позволяет использовать среднее значение коэффициента фильтрации по поперечному профилю долины $K_f = 0.294$ м/сут. Во-вторых, установлены статистически значимые обратные связи между величинами Inf/K_f и Inf , с одной стороны, и атмосферным увлажнением, с другой стороны (для 14 скважин). Определенная взаимосвязь также отмечена и с разницей dH_{fl} между среднесуточным уровнем воды в р. Васюган в расчетном створе Hr и высотной отметкой поверхности Hs . В-третьих, при дальнейшем рассмотрении выяснилось, что для скважин, устья которых расположены выше максимального уровня воды р. Васюган $Hr-max(10\%)$ обеспеченностью 10% (7 скважин), связь с атмосферным увлажнением (сумма значений эффективного увлажнения за трое суток с $t-2$ до t : $\sum_{t-2}^t P_e$) не обратная, как для общей выборки, а прямая ($r=0.94 \pm 0.04$). Для скважин, устья которых ниже $Hr-max(10\%)$, связь с $\sum_{t-2}^t P_e$ обратная ($r=-0.55 \pm 0.29$) и существенно нелинейная. При этом отмечено, что значения Inf/K_f снижаются при увеличении dH_{fl} ($r=-0.74 \pm 0.18$). Используя зависимости величины Inf/K_f от показателей увлажнения и глубины затопления были построены кривые депрессии

грунтовых вод по состоянию на 30.03.2011 г. и 24.04.2024 г. (рис. 1), а также рассчитано изменение по поперечному профилю долины р. Васюган притока грунтовых вод (рис. 2).

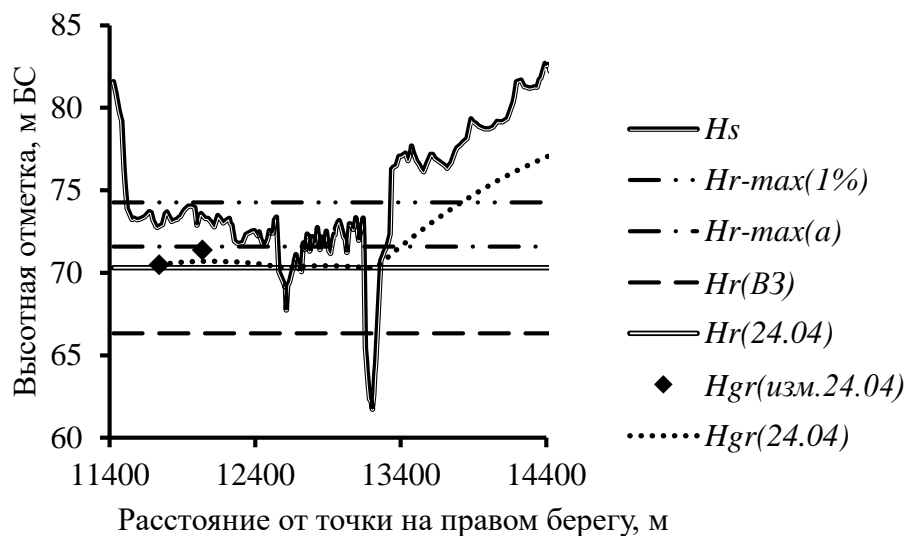


Рис. 1. Поперечный профиль участка долины р. Васюган у с. Новый Васюган; условные обозначения: H_s – высотная отметка поверхности суши; $Hr\text{-}max(1\%)$ – максимальный уровень речных вод обеспеченностью 1%; $Hr\text{-}max(a)$ – средний максимальный уровень речных вод; $Hr(B3)$ – уровень береговой линии согласно [2]; $Hr(24.04)$ – уровень речных вод 24.04.2011 г.; $Hgr(\text{изм.}24.04)$ – уровень грунтовых вод, измеренный 24.04.2011 г.; $Hgr(24.04)$ – расчетный уровень грунтовых вод (1)

Анализ этих материалов позволил сделать вывод о существенном отличии режима грунтовых вод в пойме (с учетом разделения на низкую и высокую) и за ее пределами. Фактически, в весенне-летнее половодье уровни грунтовых вод в пойме соответствуют уровню речных вод и категориям подтопления от «слабого» до «сильного» [6]. Следовательно, выделение поймы по характеру водного режима разных частей долины (согласно [4], пойма – часть дна речной долины, которая сложена наносами и периодически заливается в половодье и паводки) и водоохранной зоны (принимая во внимание, что ВЗ – территория, на которой ограничивается хозяйственная деятельность, связанная с непосредственным поступлением в поверхностные водные объекты загрязняющих веществ) в целом совпадают по конечному результату, поскольку в условиях подтопления и затопления ограничения не выполняются.

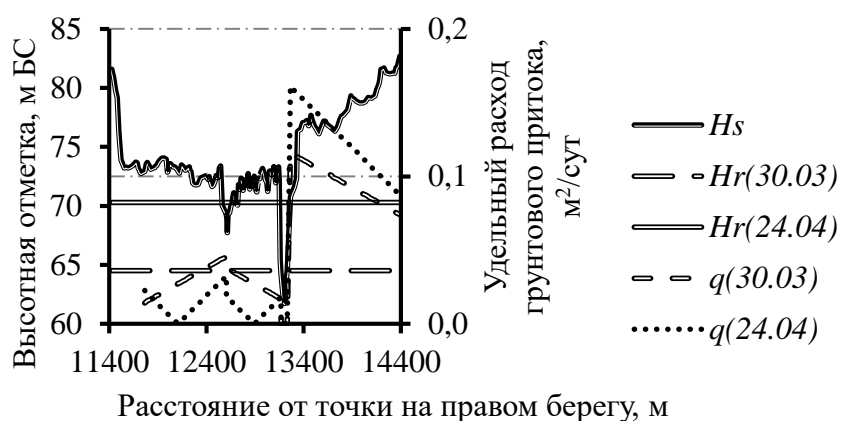


Рис. 2. Изменения притока грунтовых вод в р. Васюган и ее протоку 30 марта $q(30.03)$ и 24 апреля $q(24.04)$ 2011 г.; остальные условные обозначения приведены на рис. 1

Также вполне очевидно, что установленные по действующим требованиям границы ВЗ (200 м в каждую сторону от береговой линии: 12948–13148 м по правому берегу при средней глубине грунтовых вод 1.2 м на 24.04.2011 г.; 13239–13439 м по левому берегу при средней глубине грунтовых вод 2.4 м на 24.04.2011 г.) не могут обеспечить эффективное са-

моочищение поверхностного стока за счет перевода его в подземный при уровнях речных вод, близких к среднесуточным значениям (рис. 1). Этот вывод подтверждается и при анализе изменения притока грунтовых вод. В частности, в пределах правобережной поймы и в межень, и в половодье наблюдаются менее значительные, по сравнению с более возвышенными участками левобережья, расходы грунтовых вод и их перераспределение в сторону протоки (рис. 2).

Таким образом, сопоставление уровней грунтовых и речных вод р. Васюган у с. Новый Васюган, во-первых, подтверждает ранее полученный вывод о целесообразности оценки береговой линии по среднемаксимальному уровню речных вод, а внешней границы поймы – по максимальному уровню речных вод обеспеченностью 1 % [8]. Во-вторых, пойма имеет важное водоохранное значение: 1) очень многие хозяйственные объекты, которые находятся в ее пределах (примерно на максимальном уровне обеспеченностью 1%), могут быть затоплены (как минимум, сооружения III-IV классов); 2) охрана поверхностных вод в условиях затопления и/или подтопления приречных территорий не эффективна. С учетом этого оптимальными с природоохранной точки зрения являются не формальные границы в 50/100/200 м от береговой линии, а граница поймы, либо части долины, в пределах которой не наблюдается подтопление (глубина грунтовых вод более 3 м) при среднем максимальном уровне речных вод. Безусловно, что указанные выше выводы получены при целом ряде допущений, а поэтому являются ориентировочными и требуют уточнения и апробации для других гидрологических районов.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 23-27-00039).

Библиографический список

1. Андреева М.А. Гидрологическое обоснование водоохранных зон рек и водоемов. Вопросы охраны природы при мелиоративном строительстве: Сб. научн. тр. Ленинград: Ленгипроводхоз, 1987. С. 5-14.
2. Водный кодекс Российской Федерации (с изменениями на 4 августа 2023 года). Кодекс РФ от 03.06.2006 N 74-ФЗ. Москва: Кремль, 2023. 52 с. www.pravo.gov.ru, 04.08.2023, N 0001202308040090.
3. Гельфан А.Н. Динамико-стохастическое моделирование формирования талого стока. Москва: Наука, 2007. 279 с. ISBN: 978-5-02-033651-3 EDN: OTQRTV
4. ГОСТ 19179-73. Гидрология суши. Термины и определения. Hydrology of land. Terms and definitions. Москва: Издательство стандартов, 1988. 48 с.
5. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. Государственный гидрологический институт. Санкт-Петербург: Нестор-История, 2009. 193 с.
6. Правила определения границ зон затопления, подтопления (с изменениями на 17 августа 2022 года). Москва: Правительство РФ, 2022. 7 с.
7. Правила определения местоположения береговой линии (границы водного объекта), случаев и периодичности ее определения (с изменениями на 30 ноября 2019 года). М.: Правительство РФ, 2019. 5 с.
8. Савичев О.Г. Физико-географический контроль определения границ рек, их водоохранных зон, зон затопления и подтопления в Томской области (Российская Федерация) // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т.14. № 1, С. 188-204. DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-1-188-204 EDN: ESFGMZ

ПРОБЛЕМЫ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

В статье проанализированы 3 основные проблемы Каспийского моря: колебания уровня, экологические и биологические проблемы. Были использованы литературные и фондовые материалы о Хызырском море. В это время использовались исторические и математико-статистические методы. В результате анализа установлено, что проблема загрязнения Каспийского моря в последнее время обострилась. Это влияет на биологическое разнообразие.

Ключевые слова: Каспийское море, экологическая проблема, загрязнение, биологическое разнообразие, колебание уровня

Samadzade N., nsemedzade29@gmail.com

*Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku, Azerbaijan***PROBLEMS OF THE CASPIAN SEA**

The article analyzes 3 main problems of the Caspian Sea: level fluctuations, environmental and biological problems. At this time, literary and stock materials about the Khyzyr Sea were used. At this time, historical and mathematical-statistical methods were used. As a result of the analysis, it was established that the problem of pollution of the Caspian Sea has recently worsened. This affects biodiversity.

Key words: Caspian Sea, environmental problem, pollution, biological diversity, level fluctuations

Введение. Среди проблем Каспийского моря, наряду с колебанием уровня, важнейшими проблемами последнего периода являются загрязнение морских вод и связанное с этим ухудшение экологической обстановки. Основными источниками загрязнения Каспийского моря являются сточные воды городов и промышленных объектов, расположенных в его бассейне, побережий и акваторий, различные загрязняющие вещества морского транспорта и нефтяных месторождений [4]. В настоящее время в прибрежных зонах Каспийского моря проживает до 15 миллионов человек, жизнедеятельность которых напрямую связана с этим морем, особенно рыболовство. Каспийское море, самый продуктивный водоем мира, является единственным морем, где распространено около 95% осетровых рыб [1]. Благодаря производству черной икры генофонд осетровых рыб Каспийского моря строго охраняется.

Это также один из крупнейших в мире центров углеводородных ресурсов благодаря своему потенциалу запасов нефти и газа. Каспийское море в силу своих экологических особенностей часто изучается, как и другие закрытые бассейны [2].

Основными источниками загрязнения Каспийского моря являются:

- не переработанные промышленные продукты и сельскохозяйственные отходы,
- речное и морское судоходство,
- эксплуатация газовых и нефтяных скважин на суше и на водоемах,
- вторичное загрязнение при дноуглубительных работах,
- поступление загрязняющих веществ из отдаленных районов через атмосферу и воду

и т.д.

Ежегодно по рекам в Каспийское море попадает 40-45 км³ сточных вод, 60% которых попадает в Волгу. Если бы эти грязные воды равномерно распределились в верхнем слое моря, то мощность этого слоя в течение года достигала бы 10-11 см. Реки Кура и Урал также

играют немалую роль в загрязнении вод Каспия. Сточные воды городов Тбилиси, Рустави и промышленных предприятий, а также различные токсичные вещества, используемые в сельском хозяйстве, попадают в Каспийское море через реку Кура. Сточные воды, сбрасываемые в море из городов Баку, Сумгаит, Махачкала, Аштархан, Туркменбаши, Рашт, Энзали из городов, расположенных на берегу Каспийского моря, считаются одним из основных его загрязнителей. В то же время эксплуатация морских нефтяных месторождений и транспортировка нефтепродуктов, морской транспорт также загрязняют воды Каспия [3].

В пробах, взятых из грунта морского дна, в некоторых регионах были обнаружены нефтепродукты, фенолы и ртуть. Будучи самой загрязненной Бакинской бухтой, загрязнение донных грунтов здесь приводит к сокращению организмов и бентоса, а местами и к исчезновению донной фауны. Загрязнение морских вод вызвало большую напряженность экологической обстановки Каспийского моря и создало экологический кризис в ряде его прибрежных районов. На экологическое состояние моря негативно повлияло создание ряда плотин в бассейнах Волги и Куры. Это привело к резкому сокращению численности морских ежей, с другой стороны, лишило ряд особо ценных видов рыб их традиционных нерестилищ.

Материал и метод. В ходе исследования мы использовали исторический метод и математико-статистические методы. Мы изучили колебания уровня Каспийского моря, анализируя изменения Каспийского моря в исторические периоды. Мы также проанализировали экологическую ситуацию в разные периоды. В зависимости от экологической ситуации менялась и биологическая ситуация.

Результаты исследования. Область наших исследований охватывает крупнейшее в мире озеро – Каспийское море (Рис.). Его площадь менялась в зависимости от колебаний его уровня в разные годы.

При понижении уровня моря увеличивается его соленость, уменьшаются площадь и продуктивность районов нагула рыб в прибрежных зонах. По мере повышения уровня моря соленость воды, особенно на участках, приближающихся к дельтам крупных рек, снижается, а запасы корма увеличиваются.

Наиболее загрязненные районы моря также являются зонами экологического кризиса. К таким территориям относятся акватории городов Баку, Сумгаит, Махачкала и Туркменбаши, а также районы действующих морских нефтяных месторождений. Говоря о загрязнении Каспийского озера, следует учитывать следующие особенности:

- неравномерное распределение отходов приводит к серьезному загрязнению отдельных участков моря
- он переносит загрязнения, образующиеся вдоль побережья, из одной зоны в другую, а также загрязняет его.

Наиболее опасным загрязнением Каспийского моря является загрязнение отходами, содержащими вредные химические вещества. К ним относятся нефтяные углеводороды, углеводороды, карбонуклиды, хлорорганические соединения и тяжелые металлы. Нефтяные углеводороды играют важную роль в загрязнении моря.

По сравнению с частями моря с востока на запад, уровень загрязнения на северной стороне относительно низкий. Экологические проблемы Каспийского моря также связаны с периодическим изменением его уровня. С 1978 года уровень моря, перешедший в трансгрессивную стадию, постепенно повышался и представлял серьезную опасность. Так, подъем уровня воды на 2,5 м привел к тому, что в течение года под морем осталось 1-2 км прибрежной зоны.



Рис. Территория исследования

Подавляющее большинство ожидаемых аварий на море и вдоль побережья, конечно же, связано с расположенной здесь нефтяной промышленностью. Дно Каспийского моря склонно к грязевым вулканам. Месторождения серной нефти более опасны. Если произойдет сильное землетрясение, в воздух может попасть миллион тонн серосодержащих углеводородов под давлением 1000 атмосфер, что является глобальной катастрофой.

Транспортировка нефти крупными танкерами также является причиной загрязнения Каспийского моря.

Источник загрязнения Каспийского озера нельзя объяснить только физическими и химическими причинами. Биологическое загрязнение также играет роль в этой проблеме. В недавнем прошлом в секторе, принадлежащем Туркменистану, были обнаружены медузы. Эти медузы размножаются в Каспийском море и поедают и истощают пищу крупных рыб, важных для населения. Например, эти медузы питаются водорослями. Уменьшение численности водорослей приводит к параллельному уменьшению количества различных водных животных, питающихся ими. Предоставление широкого пространства для добычи нефти и газа также оказывает негативное влияние на рыболовство. Экстремальное загрязнение водной среды наносит серьезный ущерб рыбной промышленности.

Библиографический список

1. Абдуллаев И.М. Воздействие загрязняющих веществ на Бакинский залив в Абшеронской акватории Каспийского моря, Новости Бакинского университета, Серия естественных наук, 2020. 1. с. 111-122
2. Асадов С.Б. Современное состояние загрязнения Каспийского моря и динамика движения добавок. Новости Бакинского Университета, Серия Естественных наук, 2006. 2. с. 106-113
3. Национальный Атлас Азербайджанской Республики, Баку: БКФ, 2015. 549 с.
4. Шарифова Ж.З. Исследование экологической ситуации Бакинской бухты Каспийского моря. Баку, 2020. 73 с.

ПРОГНОЗ ГОЛОЛЕДА МЕТОДОМ МЕЖЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ИНТЕРВАЛОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ WRF-ARW

В статье рассматривается процесс создания модели прогноза гололеда методом межэкстремальных интервалов по результатам счета мезомасштабной гидродинамической модели WRF-ARW. Проверка полученной модели осуществляется по данным наблюдений за гололедом на метеорологических станциях Пермского края. В качестве критерия отбора значимых предикторов для прогноза гололеда используется критерий Пирси-Обухова.

Ключевые слова: прогноз гололеда, гидродинамическая мезомасштабная модель WRF-ARW, критерий Пирси-Обухова, предикторы.

E. Sviyazov, A. Bykov, E. Pishchalnikova, sviazov74@mail.ru
Perm State University, Perm, Russia

GLAZED FROST FORECAST BY THE METHOD OF INTER-EXTREME INTERVALS BASED ON THE WRF-ARW MODEL

The article is devoted to the process of creation of the glazed frost forecast model by the method of interextremal intervals based on the results of calculation of the mesoscale hydrodynamic model WRF-ARW, and also the verification of the obtained model based on the data of observations of the glazed frost at the meteorological stations of the Perm region.

Keywords: glazed frost forecast, hydrodynamic mesoscale model WRF-ARW, Piercy-Obukhov criterion, predictors.

Введение

Гололед является наиболее трудно предсказуемым метеорологическим явлением. Большинство используемых методов дают оправдываемость не более 60–70 % [5]. Это обусловлено тем, что образование гололеда связано с выпадением переохлажденных осадков, возникновение которых, в свою очередь, обусловлено микрофизическими процессами, происходящими в облаках. Учет процессов на микрофизическом уровне возможен только косвенно на основе данных о пространственном распределении метеорологических величин в пограничном слое атмосферы, прежде всего температуры и влажности воздуха [4]. Использование результатов счета гидродинамических моделей позволяет получать непрерывные зоны выпадения данных видов осадков, однако прогностические поля метеорологических величин, получаемые при счете, представлены лишь значениями у поверхности земли и на стандартных изобарических поверхностях, поэтому необходимо использовать дополнительные модельные данные, например, информацию о количестве осадков разных видов (замерзающих, в виде снега, неконвективных и т.д.) с различным периодом накопления [2].

Настройки модели WRF-ARW

Для получения прогностических полей метеорологических величин использовалась гидродинамическая мезомасштабная модель WRF-ARW версии 4.2.2. Расчет выполнялся на 51 вертикальном уровне; период моделирования составлял 27 ч. от 12 ч. ВCB; временной шаг вывода данных – 1 ч., шаг интегрирования по времени – адаптивный; пространственное разрешение модели – 7 км (550×400 точек) [6]; модель рельефа – USGS DEM (30 s) 2017. Схемы параметризации подсеточных процессов следующие: конвекция – KIAPS SAS; микрофизика облачности – схема Томпсона [7]; коротковолновая и длинноволновая радиация – Схема

GFDL; приземный слой – Схема Монина-Обухова с вязким подслоем Карлсона-Боланда и стандартными функциями подобия; подстилающая поверхность и почва – схема NOAH; пограничный слой – Схема Меллора-Ямады-Янича. Используемый метод прогноза гололеда применялся в качестве постпроцессинга модели WRF-ARW.

Данные исследования

Подбор значимых предикторов, необходимых для прогноза возникновения гололеда, был выполнен по результатам счета модели WRF-ARW по 21 метеорологической станции Пермского края за период с 30.10.2019 г. по 31.03.2020 г. Первые 12 часов счета модели не учитывались в выборке получаемых значений, так как в это время происходила адаптация численной модели к реальным условиям. Было рассмотрено 27 сроков модели: с 12 ч расчетных суток до 14 ч следующих. Таким образом всего получилось 59850 прогностических наборов данных. При этом по данным метеостанций за исследуемый период гололед фактически отмечался в 190 случаях, что составило 0,3% от всех наблюдений. В качестве первоначальных предикторов (независимых переменных) для прогноза гололеда были использованы следующие величины, рассчитанные на метеостанции (в точке) и в пределах буфера (в радиусе 50 км от станции):

- количество общих, конвективных, неконвективных, жидких замерзающих осадков и осадков в виде снега (максимальные накопленные в пределах буфера, накопленные на станции, максимальные по буферу за 1 ч., на станции за 1 ч.);
- высоты изобарических поверхностей 500, 700, 850 и 925 гПа на станции;
- давление, приведенное к уровню моря на станции;
- относительная влажность на высоте 2 м (максимальная по буферу, минимальная по буферу, на станции) и на изобарических поверхностях 500, 700, 850, 925 гПа (на станции);
- температура на высоте 2 м (максимальная по буферу, минимальная по буферу, на станции) и на изобарических поверхностях 500, 700, 850, 925 гПа (на станции);
- скорость ветра на высоте 10 м и на изобарических поверхностях 500, 700, 850, 925 гПа на станции;
- максимальная скорость ветра на высоте 10 м в пределах буфера;
- максимальная скорость порывов ветра на высоте 10 м (на станции и в пределах буфера).

Всего в предварительном списке было рассмотрено 47 предикторов, а в качестве предиктанта – наличие или отсутствие гололеда на станции (случаи образования гололеда по данным гололедного станка). Таким образом предиктанта представлял собой бинарную величину, принимающую значения 1 (наличие явления) или 0 (отсутствие явления).

Метод исследования

При прогнозе явления могут возникнуть четыре ситуации, указанных в таблице.

Таблица

Таблица сопряженности прогноза явления

Фактические наблюдения	Прогноз		Количество наблюдений
	Явление	Отсутствие явления	
Явление	n_{11}	n_{12}	n_{10}
Отсутствие явления	n_{21}	n_{22}	n_{20}
Сумма	n_{01}	n_{02}	N

В этой таблице n_{11} – количество оправдавшихся прогнозов наличия явления; n_{12} – количество пропусков явления; n_{21} – количество ложных тревог; n_{22} – количество оправдав-

шихся прогнозов отсутствия явления; n_{10} – количество наблюдений, когда явление фактически наблюдалось; n_{20} – количество наблюдений, когда явление отсутствовало; n_{01} – количество прогнозов наличия явления; n_{02} – количество прогнозов отсутствия явления; N – количество наблюдений.

Критерий Пирси-Обухова оценивает успешность классификации явления и вычисляется по формуле [3]:

$$T = 1 - \frac{n_{12}}{n_{10}} - \frac{n_{21}}{n_{20}}.$$

Метод межэкстремальных интервалов относится к так называемым пороговым методам, когда определяются интервалы зависимых переменных, в которых бинарная переменная (предиктант) принимает определенное значение. Для этого весь набор данных случайным способом делился на три выборки: зависимую, контрольную и независимую с соотношением числа случаев 2:1:1. По зависимой выборке определяются интервалы, в которых искомая величина принимает значение 1 (гололед образуется). По контрольной выборке на первом этапе для каждого предиктора рассчитывают статистику (критерий) Пирси-Обухова и, уменьшая интервалы, рассчитанные по зависимой выборке, добиваются максимального значения критерия T каждого предиктора. На втором этапе находят зависимую переменную с максимальным значением критерия и, добавляя к ней другие предикторы по очереди, находят лучшую пару переменных, для которых T максимален. К полученной паре добавляют по очереди следующие переменные, чтобы получить лучшую тройку предикторов, далее ищут лучшую четверку предикторов, пятерку и т.д. Процесс подбора переменных заканчивается, когда критерий Пирси-Обухова достигнет максимального значения и дальнейшее добавление предикторов не приводит к его увеличению. Полученную модель прогноза проверяют по независимой выборке.

Результаты

По нашим данным полученная модель прогноза гололеда состоит из 5 предикторов:

- 1) накопленное количество замерзающих осадков в пределах буфера,
- 2) количество общих осадков за 1 ч.;
- 3) максимальное количество конвективных осадков в пределах буфера за 1 ч.;
- 4) температура воздуха на изобарической поверхности 850 гПа;
- 5) скорость ветра на изобарической поверхности 850 гПа.

Для каждого предиктора получены предельные (максимальное и минимальное) значения, в пределах которых считается, что гололед возникнет. Если все пять предикторов указывают на возникновение явления, то гололед прогнозируется, в противном случае модель дает отсутствие гололеда. По данным независимой выборки общая оправдываемость прогноза составила 81%, что является неплохим показателем, однако критерий Пирси-Обухова получился равным 0,259 и оказался недостаточным для методического прогноза. На недостаточность указывает и предупрежденность факта наличия гололеда, равная 45%.

Выводы

Низкие критерии оправдываемости модели обусловлены:

- перекосом выборки, так как количество случаев с гололедом составляет 0,3% от всех случаев наблюдений;
- погрешностью расчета полей метеорологических величин;
- отсутствием данных о распределении метеорологических величин в пограничном слое атмосферы.

По сравнению с предыдущим нашим исследованием [2] удалось сократить количество предикторов с 17 до 5 и поднять общую оправдываемость прогноза с 69 до 81%. Для устранения перекоса выборки в сторону отсутствия явления предлагаются математические методы генерации наборов данных с гололедом. При увеличении количества случаев возможно также применение нейросетей для отбора предикторов и создания модели прогноза гололеда [1]. Кроме того, возможно применение косвенных методов для учета вертикального распределе-

ния температуры и влажности воздуха в пограничном слое. Еще одним шагом для увеличения качества прогноза является уменьшение погрешности расчета полей метеорологических величин.

Библиографический список

1. Вакорин А.Р., Связов Е.М. Нейросетевая система прогноза гололеда в городе Перми. // Искусственный интеллект в решении актуальных социальных и экономических проблем XXI века: сборник статей по материалам Седьмой всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Пермь, 2021. С. 321-327. EDN: HDBYXA
2. Пищальникова Е.В., Калинин Н.А., Связов Е.М., Быков А.В. Поиск оптимальных предикторов для прогноза возникновения гололеда на основе модели WRF-ARW. // CITES'2021: Международная молодежная школа и конференция по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде, посвященные памяти члена-корреспондента РАН Василия Николаевича Лыковского. Томск, 2021. С. 138-141. EDN: YNCFLM
3. Руководящий документ 52.27.284-91 "Методические указания. Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов". Дата введения 1992-01-01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200068360>.
4. Смородин Б.Л., Калинин Н.А., Давыдов Д.В. Моделирование процесса изменения температуры капель при выпадении замерзающих осадков // Метеорология и гидрология. 2014. № 9. С. 34-40. EDN: SNIGLN
5. Ягудин Р.А. Рекомендации к прогнозу гололеда на юго-востоке Западной Сибири. // Труды "ЗСРНИГМИ". – М.: Гидрометеиздат.-1977.-Вып.30.-С.68-69.
6. Ice rains in the Middle Urals N.A. Kalinin et al 2020 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 611 012038.
7. Thompson G., Rasmussen R.M, Manning K. Explicit forecasts of winter precipitation using an improved bulk microphysics scheme. Part I // Phys. Sci. 2004. P. 74-86. DOI: 10.1175/1520-0493(2004)132<0519:EFOWPU>2.0.CO;2

В.В. Севастьянов¹, А.Д. Самбуу², vvs187@mail.ru
Томский государственный университет, г. Томск, Россия
Центр биосферных исследований, Кызыл, Россия

РЕКРЕАЦИОННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

В статье рассмотрены рекреационно-климатические ресурсы Республики Тыва. Приведены значения основных специализированных показателей рекреационно-климатических ресурсов в пределах Алтае-Саянской горной страны и Республики Тыва, в частности. Курортно-рекреационный потенциал Республики Тыва способствует развитию рекреационной отрасли региона и рациональному освоению курортных ресурсов.

Ключевые слова: Россия, Республика Тыва, рекреация, климатические ресурсы

V. Sevastyanov¹, A. Sambuu², vvs187@mail.ru
¹*Tomsk State University, Tomsk, Russia*
²*Center for Biosphere Research, Kyzyl, Russia*

RECREATIONAL AND CLIMATIC RESOURCES OF THE REPUBLIC OF TYVA IN THE SUMMER

The article considers the recreational and climatic resources of the Republic of Tyva are considered. The values of the main specialized indicators of recreational and climatic resources within the Altai-Sayan mountain country and the Republic of Tyva, in particular, are given. The resort and recreational potential of the Republic of Tyva contributes to the development of the recreational industry of the region and the rational development of resort resources

Keywords: Russia, Republic of Tyva, recreation, climatic resource

Развитие рекреационной базы в Сибири в современных условиях приобрело для региона особую значимость. Возрождению курортной отрасли в пределах Алтае-Саянской горной страны, в том числе и в Республике Тыва, способствуют богатые климато-рекреационные ресурсы. В связи с возросшими в последние годы масштабами бесконтрольного освоения местных природных ресурсов с особой остротой возникли вопросы их рационального использования для лечения и оздоровления обширных территорий горных районов Южной Сибири. Важным фактором при оценке пригодности тех или иных территорий для создания оздоровительной базы является климато-рекреационный потенциал местности, который отражает возможное использование их в лечебно-профилактической деятельности. Имеющиеся разработки по изучению биоклимата в результате различий методических подходов, отсутствия единой системы оценки климато-рекреационных условий дают представление только об отдельных их показателях или их вероятностных характеристиках.

Перспективы развития современной курортной отрасли требуют поиска эффективной и экономичной ресурсной базы, которая должна быть способна обеспечить ее стабильное функционирование. Решение данной проблемы возможно только при наличии обобщенной информации о рекреационной ценности как отдельных природных факторов, так и всего природного комплекса в целом, о ресурсах и масштабах эксплуатации, а также существующих резервах для развития санаторно-курортной и рекреационной службы рассматриваемой территории Республики Тыва.

Накопленный к настоящему времени обширный материал о состоянии, качестве и наличии запасов природных лечебных факторов различных регионов Сибири позволил дать характеристику курортного потенциала по зонам, выделенным по качеству ландшафтных и

биоклиматических условий [2]. Большая часть Республики Тыва располагается южнее 53 °с.ш. Территория республики представляет собой сочетание горно-таежных лесов межгорных долин и котловин, лесостепи и степи. Республика Тыва характеризуется как особо благоприятная зона с высоким курортно-рекреационным потенциалом. Биоклиматические особенности этой территории располагают шадящими биоклиматическими условиями с обеспеченностью световыми ресурсами и режимом УФ-комфорта. Продолжительность комфортного периода 50–60 дней, безморозный период до 130 дней в год, число дней с суровой погодой не более 20 в дневные часы. Аналогичные биоклиматические характеристики отмечаются в известных курортных районах юга Алтайского края и в Республике Алтай.

Таким образом, можно сделать вывод о больших перспективах использования курортно-рекреационных ресурсов Республики Тыва, которые по ряду причин пока еще недостаточно используются. Высокий климато-рекреационный потенциал с большим разнообразием оздоровительных свойств позволяет создавать здесь климатолечебные комплексы не только сезонного, но и круглогодичного действия.

По качеству и разнообразию лечебных факторов наиболее изученными и перспективными в Тыве являются курорты «Уш-Белдыр» и «Чедер», лечебно-оздоровительные местности «Шивилинг» и «Дус-Хол» (озеро Сватиково) [3]. Они расположены в низкогорных и среднегорных ландшафтах и характеризуются наиболее благоприятными биоклиматическими условиями.

Для успешной реализации дальнейшего рекреационного освоения Республики Тыва необходимо в максимальной степени использовать результаты исследований по оценке ее климатических ресурсов [4]. Совместно с оптимальным учетом климатических ресурсов в республике для различных отраслей хозяйственной деятельности важно учитывать рекреационные ресурсы, необходимые для восстановления сил, расходуемых в процессе жизнедеятельности человека. Рекреация предполагает отдых, который может сочетаться с лечением в здравницах, санаториях, домах отдыха и включает в себя различные виды мероприятий: туризм, спорт, прогулки, эмоциональные нагрузки, смену интеллектуальной деятельности.

Климатическая комфортность проживания человека является важной характеристикой, влияющей на общее самочувствие человека и его здоровье. Потепление климата может оказать благоприятное влияние на развитие туризма и сферы отдыха. До настоящего времени такие последствия потепления климата на территории Сибири остаются недостаточно изученными, поэтому биоклиматические последствия изменений климата заслуживают отдельного рассмотрения.

Влияние климата на комфортное самочувствие человека принято оценивать на основе специальных комплексных индексов и характеристик, которые отражают влияние погоды и климата на ощущения человека.

Погодно-климатические условия являются важнейшим фактором окружающей природы, во многом определяющим условия проживания, образ занятий и комфортность существования человека на протяжении всей его жизни. По оценкам ученых, вклад погодных и климатических особенностей в состояние здоровья человека составляет около 20 %. Этот вклад зависит на 50 % от образа жизни, на 20 % – от индивидуальной чувствительности человека к колебаниям погоды и климата и на 10 % – от уровня здравоохранения [1].

Влияние климата на рекреационные свойства различных территорий Российской Федерации представлено в виде ресурсных показателей, выраженных в условных и частично стоимостных единицах, что позволяет проводить корректное сопоставление рекреационно-климатических ресурсов различных регионов.

Основные специализированные показатели рекреационно-климатических ресурсов в летний период:

– *радиационно-эквивалентно эффективная температура* – показатель теплового ощущения человека под воздействием температуры и влажности воздуха, скорости ветра, энергетической освещенности солнечной радиации. Наиболее комфортной для прогулок и спорта считается температура воздуха 18 °С;

– *ультрафиолетовое облучение* оказывает витаминообразующее, антирахитное, эритемное и другие воздействия. Избыточное воздействие облучения приводит к разрушению эритроцитов;

– *число солнечных дней* является важным показателем. Солнечные дни оказывают на большинство людей позитивное физиологическое воздействие и вызывают положительные эмоции;

– *продолжительность благоприятного периода для отдыха и туризма*. Этот показатель применяется в классификациях типов погоды с учетом метеорологических факторов (температуры воздуха, скорости ветра, облачности, относительной влажности воздуха) применительно к отдыху и туризму. При благоприятном типе погоды человек испытывает минимальную физиологическую терморегуляционную нагрузку;

– *число дней со средней суточной температурой воздуха ≥ 20 °С*. Показатель выбран в связи с тем, что дневная температура в этом случае часто превышает 23–25 °С, и человек, находясь под воздействием высокой температуры и инсоляции, испытывает значительную тепловую нагрузку, что существенно ограничивает возможность пребывания на открытом воздухе даже здоровых людей;

– *число дней с относительной влажностью воздуха ≥ 80 %*. Оптимальной для человека является влажность от 40 до 60 %. Относительная влажность $\geq 80\%$ в теплое время года вызывает ощущение духоты, затрудняет испарение влаги с поверхности кожи. При этом возрастает напряженность терморегуляционной системы, и как результат ухудшается самочувствие даже здоровых людей.

Для сравнительной оценки рекреационно-климатических ресурсов в различных административных районах их показатели для летнего и зимнего периодов года приведены табл. 1 [4].

Таблица 1

Значения основных специализированных показателей рекреационно-климатических ресурсов в пределах Алтае-Саянской горной страны в летний период

Показатели летнего периода	Административно-территориальная единица				
	Республика Тыва	Красноярский край (юг)	Республика Хакасия	Республика Алтай	Республика Бурятия
Радиационно-эквивалентно-эффективная температура (РЭЭТ, °С)	20,6	20,8	21,1	20,6	21,2
Ультрафиолетовая радиация (УФР) (полуденные значения суммарной эритемной радиации (A+B)), мэр/м ²	300	350	340	300	300
Число солнечных дней	89	89	89	89	86
Продолжительность благоприятного периода для отдыха и туризма, дни	95	90	95	100	90
Число дней со средней суточной температурой воздуха ≥ 20 °С	32	20	29	4	27
Число дней с относительной влажностью воздуха ≥ 80 %	3	17	6	5	5

Система данных специализированных показателей рекреационно-климатических ресурсов отражает влияние климата, представляет самостоятельную ценность при сравнении с другими регионами Российской Федерации и позволяет провести зонирование территории для разных сезонов года. В табл. 2 представлены рекреационно-климатические ресурсы в ви-

де условных климатических единиц (у. е.), что упрощает проведение их сравнительного анализа в различных регионах страны.

Таблица 2

Значения основных специализированных показателей рекреационно-климатических ресурсов. Лето [4]

Административно-территориальная единица	Номер зоны (градация ресурсов, у. е.)
Республика Тыва	V зона (10,05–12,55)
Красноярский край (юг)	V зона (10,05–12,55)
Республика Хакасия	V зона (10,05–12,55)
Республика Алтай	VI зона (12,55–15,05)
Республика Бурятия	V зона (10,05–12,55)
Краснодарский край	IV зона (7,55–10,05)
Республика Дагестан	IV зона (7,55–10,05)

Для сравнения в табл. 2 приведены рекреационно-климатические ресурсы Краснодарского края и Республики Дагестан. Эти районы считаются самыми привлекательными для отдыха россиян. Однако высокие РЭЭТ более 27 °С, большое число дней (более 160) со средней суточной температурой воздуха выше 20 °С ограничивают показатели рекреационно-климатических ресурсов в центральные летние месяцы.

Выводы.

На территории Республики Тыва действует целый ряд санаторно-курортных, лечебно-оздоровительных, туристических учреждений. Рекреационная ценность лечебно-оздоровительных местностей в регионе обусловлена уникальным сочетанием природных факторов, разнообразных форм рельефа в горно-котловинных ландшафтах Тывы.

Климатические условия курортных местностей в Республике Тыва, по лечебному и оздоровительному воздействию могут сравниться с известными курортами Кавказа и Сочи, Алтая, в частности по числу часов солнечного сияния, по повторяемости благоприятных погод для климатолечения и рекреации.

Работа выполнена в рамках ВИП ГЗ (рег. номер N 1022090600007–9)

Библиографический список

1. Исаев А.А. Экологическая климатология – М.: Научный мир, 2003. 472 с.
2. Курортно-рекреационный потенциал Западной Сибири /под ред. Е.Ф. Левицкого, В.Б. Адилова. Томск, 2002. 227 с.
3. Курортные и лечебно-оздоровительные местности Сибири: справочник / Н.К. Джабарова, Э.С. Яковенко, И.А. Луковская и др.; Томск: Изд-во "Печатная мануфактура", 2009. 208 с. ISBN: 978-5-94476-216-0 EDN: QLZAEX
4. Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации / под редакцией д-ра геогр. наук проф. Н.В. Кобышевой, канд. геогр. наук К.Ш. Хайруллина. СПб.: Гидрометеопиздат, 2005. 319 с.

АНАЛИЗ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ГОРОДЕ ПЕРМИ

В статье рассматриваются метеорологические условия, способствующие накоплению в атмосфере загрязняющих веществ, а также их связь с интегральным показателем загрязнения атмосферы.

Ключевые слова: загрязнение атмосферы, инверсии, синоптические ситуации.

B. Sivkov^{1,2}, D. Hilazheva¹, sivckovbogdan@yandex.ru

¹Perm State University, Perm, Russia

²Branch Federal State budgetary institution «All-Russian Research Institute for Environmental Protection» «Uralskiy», Perm, Russia

**ANALYSIS OF METEOROLOGICAL CONDITIONS OF POLLUTION
IN THE CITY OF PERM**

The article examines meteorological conditions that contribute to the accumulation of pollutants in the atmosphere, as well as their relationship with the integral indicator of atmospheric pollution.

Keywords: atmospheric pollution, inversions, synoptic situations.

Качество атмосферного воздуха – совокупность физических, химических и биологических свойств атмосферного воздуха, отражающих степень его соответствия гигиеническим нормативам качества атмосферного воздуха и нормативам качества окружающей среды для атмосферного воздуха [2].

На качество атмосферного воздуха влияют такие факторы как географическое положение, количество и типы источников выбросов загрязняющих веществ, метеорологические факторы.

Метеорологические факторы могут способствовать как накоплению загрязняющих веществ в атмосфере, так и их рассеиванию. К факторам, которые оказывают наибольшее воздействие можно отнести: направление и скорость ветра, инверсии температуры (приземные или приподнятые), синоптическая ситуация.

Целью данной работы является анализ метеорологических условий загрязнения атмосферного воздуха в г. Перми на примере 2021 г.

Материалы исследования

В качестве параметра, характеризующего качество атмосферного воздуха, был использован безразмерный обобщенный интегральный показатель загрязнения – параметр P [1]:

$$P = m/n \quad (1)$$

где n – общее число наблюдений за концентрацией примесей q_i в городе в течение одного дня на всех стационарных пунктах, m – число наблюдений за концентрацией q_i , превышающей среднее сезонное значение q_{cp} более чем в 1,5 раза ($q_i > 1,5q_{cp}$).

Значение q_{cp} определяется как среднее из трех среднемесячных значений концентраций. Например, для лета:

$$q_{cp} = (q_{cp6} + q_{cp7} + q_{cp8})/3 \quad (2)$$

В данном исследовании параметр P рассчитывался в целом по городу по всем загрязняющим веществам, концентрации которых измеряются на стационарных постах в г. Перми. Суммарно на семи стационарных постах изменяются концентрации десяти загрязняющих веществ (пыль, сернистый газ, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, сероводород, фенол, соляная кислота, аммиак, формальдегид).

Параметр P может изменяться от 0 (ни одна из концентраций не превышает $1,5q_{\text{ср}}$) до 1 (все измеренные концентрации превышают $1,5q_{\text{ср}}$) и имеет следующие градации: при $P > 0,35$ загрязнение воздуха «относительно высокое», при $P = 0,21-0,35$ загрязнение воздуха «повышенное», а при $P < 0,20$ загрязнение воздуха «пониженное» [1].

В ходе исследования были использованы следующие исходные данные:

1. Для расчета параметра P , были использованы архивные данные Пермского центра по гидрометеорологии и охране окружающей среды (ЦГМС) о концентрациях загрязняющих веществ за 2021 г. Параметр P был рассчитан за каждые сутки, в которые проводились измерения концентраций загрязняющих веществ, а затем было рассчитано среднее значение для каждого месяца.

2. Для проведения синоптической типизации был использован архив синоптических карт с сайта Гидрометцентра России www.meteoinfo.ru. Синоптическая типизация проводилась в соответствии с [1].

3. Для анализа температурных инверсий в приземном слое атмосферы были использованы архивные данные профилера МТП5 полученные в лаборатории кафедры «Метеорологии и охраны атмосферы» в ПГНИУ. При анализе учитывалась факт наличия или отсутствия инверсии, а также высота верхней границы приземной инверсии и высота нижней границы приподнятой инверсии.

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1 представлен годовой ход параметра P в г. Пермь за 2021 год.

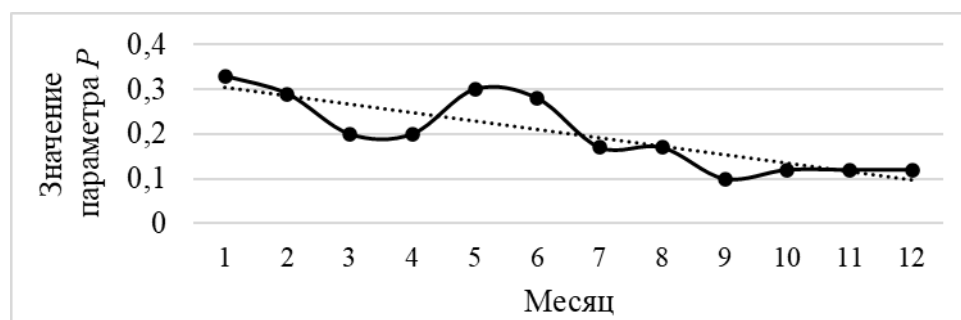


Рис. 1. Годовой ход среднего значения параметра P

Как следует из рис. 1, в течение 2021 г. наблюдается снижение значения параметра P . В целом уровень загрязнения атмосферного воздуха в 2021 г. можно характеризовать как пониженный. Повышенный и относительно высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха наблюдался лишь в 4-х месяцах из 12-ти. В январе и феврале это связано как с высокой повторяемостью метеорологических условий, способствующих накоплению примесей (антициклональный характер погоды, продолжительные инверсии температуры), так и с максимальной мощностью работы городских ТЭЦ и котельных. В мае и июне повышение уровня загрязнения преимущественно связано с переходом с весеннего режима погоды на летний. Такой переход сопровождается большим суточным ходом температуры, что приводит к ночному выхолаживанию (особенно в условиях ясного неба) и образованию приземных и приподнятых температурных инверсий.

Результаты проведенной синоптической типизации представлены в таблице 1.

Таблица 1

Синоптическая типизация в г. Пермь в 2021 г.

Код	Тип синоптической ситуации	Повторяемость, %	Среднее значение параметра P
1	Стационарный антициклон	11,3	0,35
2	Малоградиентное поле давления	14,7	0,31
3	Восточная периферия антициклона	6,3	0,24
4	Западная, северо-западная периферии антициклона	8,7	0,23
5	Передняя часть циклона, теплый сектор	29,0	0,15
6	Периферии антициклона, гребень	13,6	0,13
7	Тыл циклона (юго-западная, северная части циклона)	5,2	0,12
8	Ложбина, центр циклона	11,2	0,08

Как следует из таблицы 1, наиболее высокий уровень загрязнения формируется в случае стационарного антициклона и малоградиентного поля давления, так как при таких условиях формируются мощные инверсии температуры, а также наблюдаются слабые скорости ветра, что способствует накоплению примесей в приземном слое атмосферы.

Однако, следует отметить, что в большинстве случаев (59 %) наблюдались синоптические условия, способствующие рассеиванию примесей, за счет чего уровень загрязнения в г. Перми в 2021 был в целом пониженным.

На рис. 2 представлен годовой ход повторяемости инверсии в г. Перми за 2021 г.

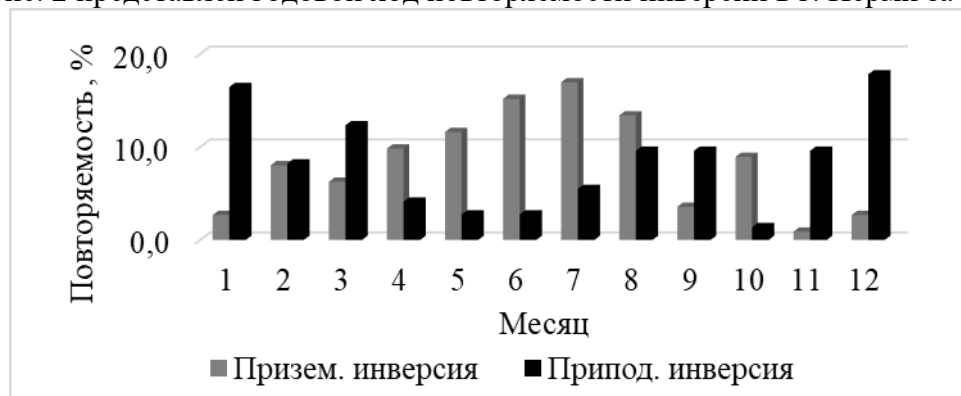


Рис. 2. Годовой ход повторяемости приподнятых и приземных инверсий

Из рис. 2 следует, что максимальные значения повторяемости приземной инверсии наблюдаются в весенне-летний период, а повторяемость приподнятых инверсий максимальна в осенне-зимний период. При этом в течении года, чаще всего наблюдаются приземные инверсии (табл. 2).

Таблица 2

Статистические характеристики инверсий температуры в г. Пермь в 2021 г.

Характеристика	Тип инверсии		
	Приземные	Приподнятые	Без инверсии
Повторяемость, %	39,3	25,6	35,1
Сред. значение параметра P	0,22	0,20	0,16
Макс. значение параметра P	0,51	0,49	0,45
Мин. значение параметра P	0,03	0,01	0,03

Из табл. 2 также следует, что наибольший уровень загрязнения наблюдается при формировании приземных инверсий.

На рис. 3 представлены среднемесячные значения нижней границы приподнятой инверсии и верхней границы приземной инверсии, а также

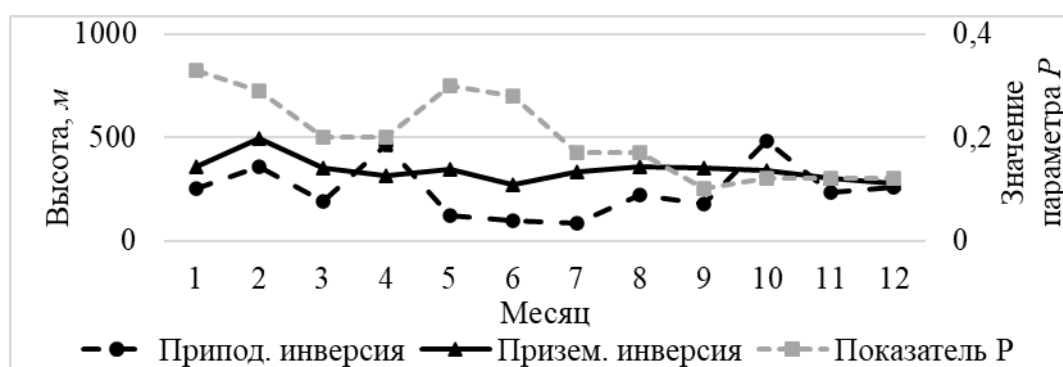


Рис. 3. Годовой ход нижней границы приподнятой инверсии, верхней границы приземной инверсии и параметра P в г. Перми за 2021 г.

Приземные инверсии достигают максимальной мощности в январе – феврале, когда она достигает значений 350–500 м (рис. 3). В теплый период года мощность приземных инверсий уменьшается, и колеблется в пределах от 280 до 360 м.

В течение исследуемого периода высота нижней границы приподнятых инверсий колебалась от 83 м до 465 м в зависимости от срока образования (рис. 3). Приподнятые инверсии наибольшей высотой нижней границы формировались зимой, наименьшей – летом.

Анализ связи высоты верхней границы приземных инверсий и высоты нижней границы приподнятых инверсий с параметром P , показал, что в течение года эта зависимость имеет разный характер и силу в зависимости от сезона года (табл. 3). Наиболее сильно на уровень загрязнения оказывает значение высоты нижней границы приподнятых инверсий. При этом в летнее время в обоих случаях связь загрязнения воздуха с указанными характеристиками инверсий практически отсутствует. Причиной этому факту является то, что летом инверсии образуются преимущественно в утреннее время и довольно быстро разрушаются по мере прогрева подстилающей поверхности. Вследствие этого, в инверсионном и подынверсионном слоях не успевает накопиться количество загрязняющих веществ, достаточное для существенного роста уровня загрязнения.

Таблица 3

Статистические характеристики инверсий температуры в г. Пермь в 2021 г.

Сезон	Коэффициент корреляции между высотой верхней границы приземной инверсии и параметром P	Коэффициент корреляции между высотой нижней границы приподнятой инверсии и параметром P
Зима	0,33	-0,41
Весна	0,28	0,61
Лето	-0,27	0,02
Осень	0,37	-0,37

Библиографический список

1. Руководство по прогнозу загрязнения воздуха. РД52.04.306–92. Охрана природы. Атмосфера. Руководящий документ. Гидрометеиздат, 1992.
2. Федеральный закон от 04.05.1999 № 96–ФЗ (ред. От 13.06.2023) «Об охране атмосферного воздуха».

О ВЗАИМОСВЯЗЯХ СОСТОЯНИЯ ЛЕДОВОГО ПОКРОВА И ОСРЕДНЁННОГО БАРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В АКВАТОРИИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

В последнее время, темпы изменения климатообразующих факторов в арктическом регионе держат устойчиво положительный тренд: наблюдается значительное сокращение ледовитости в Баренцевом и Карском морях, растёт средняя температура приземного воздуха, в отдельных районах отмечается дефицит осадков [1–3, 6–7]. Всё это вносит вклад в динамику местных экосистем, а также в социально-экономическую часть народов Крайнего Севера [8–10]. В настоящей работе были определены общие закономерности в состоянии ледового режима в акватории Баренцева моря, определена средняя широта положения ледовой кромки, а также произведена типизация барического поля при каждом случае.

Ключевые слова: Арктика, климат, ледовые поля, реанализ.

M.D. Simakin, Simakin_m@mail.ru

Perm State University, Perm, Russia

ABOUT THE RELATIONSHIPS BETWEEN THE STATE OF THE ICE FIELDS AND THE AVERAGE SYNOPTIC SITUATION IN THE BARENTS SEA

Last years, temps of the global changes in the Arctic region has the steadily positive trend: decreasing of the ice fields in the Barents and the Kara seas, increasing of the annual air temperature and the shortage of precipitation in the certain regions [1–3, 6–7]. All of this can interact with local ecosystems and can impact the peoples lives [8–10]. Due to this work, general patterns in the state of the ice fields of the Barents sea were determined. The average latitude of the ice edge, and the pressure field was typified in each case. And also was found the relationships between the ice fields and the synoptic situation.

Keywords: Arctic, climate, ice fields, reanalysis.

Целью данной работы являлось произвести типизацию синоптической ситуации при различных условиях ледовой обстановки в западной части северной полярной области. Для этого были выделены точки экстремума, определена средняя широта расположения ледовой кромки в крайних значениях, а также построены синоптические карты с усреднённым полем приземного давления.

Для анализа ледовитости использовались данные наблюдений с ледовой базы Мыс Баранова, а также карты ледовой обстановки в Северной полярной области, хранящиеся в архивах арктического и антарктического научно исследовательского института, имеющие дискретность 3–7 дней [4]. Карты доступны за срок с 1997 года по настоящее время. Оценивая долговременные тенденции с помощью линейных трендов, можно наблюдать сокращение ледовитости как в тёплом, так и в холодном сезонах. Однако тёплое полугодие имеет большую межгодовую дисперсию (рис.1).

На основе информации о ледовой обстановке, были проанализированы имеющиеся карты за два месяца, в которых наблюдаются максимальные и минимальные значения площади льда: сентябрь и февраль. Карты рассматривались с 1997 по 2019 год. Затем была определена средняя широта границы ледовых полей (рис.2).

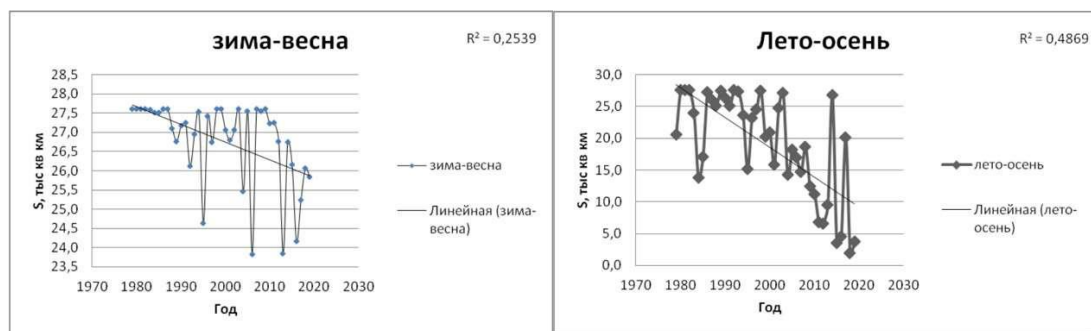


Рис.1. Межгодовые изменения площади ледового покрова



Рис.2. Средняя широта положения кромки в точках экстремума

Также было посчитано количество случаев положения кромки на определённой широте (рис.3)

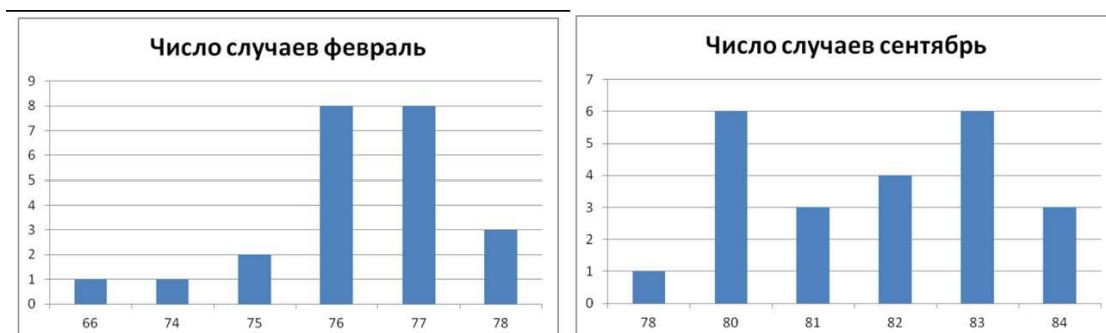


Рис.3. Количество случаев расположения ледовой кромки

На основе полученных гистограмм можно выделить две моды в распределении ледовой кромки в тёплом полугодии.

После этого были рассмотрены карты приземного поля давления для обеих мод. Построение производилось на основе данных реанализа Era-Interim (рис.4).

В случае минимальных значений площади ледовых полей, акватория Баренцева моря находилась под влиянием передней части циклонического вихря с центром над северной Атлантикой. Наблюдался усиленный заток тепла из умеренных широт, а также повышенные градиенты давления, обеспечивающие интенсивность этих потоков. Траектория смещения циклона хорошо видна при прогнозировании методом эллиптических изобар.

Во втором случае, когда море было наиболее закрыто льдом, рассматриваемый район находился в зоне северных потоков с адвекцией холода. Что могло поспособствовать не только дрейфу льда в южные части Баренцева моря, но также и сплочению молодого льда.

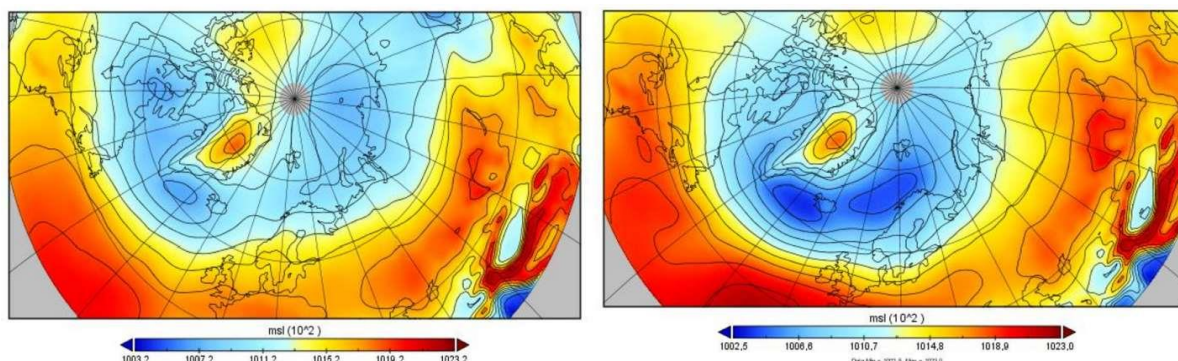


Рис.4. Осреднённое синоптическое поле при максимальных значениях ледовитости (слева) и при минимальных значениях (справа)

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. В акватории Баренцева моря наблюдается бимодальное распределение ледовой кромки в летний период, что может отражать наличие двух фаз климатического режима.
2. В результате меридионального притока тепла, из умеренных широт поступает наиболее тёплый воздух, что усиливает прогрев океана, препятствует ледообразованию и способствует дрейфовому выносу льда в северо-восточную часть моря.

Библиографический список

1. Алексеев Г.В., Иванов Н.Е., Панюшков А.В., Харланенкова Н.Е. Климатические изменения в морской Арктике в начале XXI века. Том "Метеорологические и геофизические исследования". М.: Европейские издания, 2011.
2. Алексеев Г.В., Кузмина С.И., Уразгильдеева А.В., Бобылев Л.П. Влияние атмосферных переносов тепла и влаги на потепление в Арктике в зимний период. // Фундаментальная и прикладная климатология. 2016. Т. 1. С. 43-63. DOI: 10.21513/2410-8758-2016-1-43-63 EDN: WBFQYB
3. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), 2014. URL: <http://www.meteorf.ru>.
4. Государственный научный центр "Арктический и антарктический научно-исследовательский институт". URL: <http://www.aari.ru>.
5. Метео-архивы. Удаленный доступ к ЯОД-архивам. URL: <http://aisori.meteo.ru/ClimateR>.
6. Симакин М.Д. Динамика климатического режима ЯНАО. // Выпускная квалификационная работа. Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2019 г.
7. Симакин. М.Д. Обзорный анализ динамики количества осадков на территории ЯНАО за последние годы. // Фабрика научной мысли молодых: Ямал и Арктика – ресурсы холодного мира. ТюмГУ, 2018 г.
8. Форбс Б.К. и др. Влияние сокращения ледовитости Баренцева и Карского морей на традиционное оленеводство полуострова Ямал. // Известия Русского Географического Общества. 2018. Вып. 1. EDN: YMRUTJ
9. Moscow Times, 13 May 2014. Tens of thousands of reindeer die of extreme weather in Russia's North // The Moscow Times, 13 May 2014. <http://www.themoscowtimes.com/news/article/tens-of-thousands-of-reindeer-die-of-extreme-weather-in-russias-north/500060.html>.
10. Sokolov A. A., Sokolova N. A., Ims R. A., Ludovic Brucker L., Ehrich D. Emergent rainy winter warm spells may promote boreal predator expansion into the Arctic // Arctic. 2016. N69. P. 121-129. DOI: 10.14430/arctic4559 EDN: WVBPFZ

**ВЛИЯНИЕ ВНУТРИСУТОЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ РАБОТЫ КАМГЭС
НА КАЧЕСТВО ЗАБИРАЕМОЙ ВОДЫ В РАЙОНЕ ВОДОЗАБОРА Г. ПЕРМИ**

В статье рассматриваются процессы, фиксируемые на участке Камского водохранилища, непосредственно прилегающем к Камской ГЭС. Выполнена оценка воздействия внутрисуточных колебаний сбросов воды в нижний бьеф Камской ГЭС на качество забираемой воды в районе водозабора Чусовских очистных сооружений (ЧОС) г. Перми в зимний период, играющих важную роль как в формировании потребительских свойств воды, так и в обеспечении экологической безопасности водных объектов. Выявлено принципиальное отличие ярко выраженных внутрисуточных колебаний качества забираемой воды в районе ЧОС в зимний период за 2022, 2023 гг. и 2024 г., обуславливаемых значительными изменениями расходов сброса воды в нижнем бьефе. Данные особенности связаны с режимом работы Камской ГЭС, установлением в течение всего периода зимней межени 2024 г. необходимого уровня воды в нижнем бьефе и среднего расхода воды на уровне 700–800 м³/с для обеспечения устойчивого водоснабжения.

Ключевые слова: внутрисуточные колебания, качество воды, КамГЭС, водоснабжение

T. Sintsova, M. Oputin, tanya_sinzova@mail.ru
Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm

**INFLUENCE OF INTRADAY FLUCTUATIONS IN THE OPERATION OF KAMHPP
ON THE QUALITY OF INTAKED WATER IN THE WATER INTERCEPTION AREA
OF THE CITY OF PERM**

The article discusses the processes recorded in the section of the Kama Reservoir, directly adjacent to the Kama Hydroelectric Power Station. An assessment was made of intra-daily fluctuations in water discharges into the downstream of the Kamskaya HPP on the quality of water taken in the water intake area of the Chusovsky treatment plant (CHF) in Perm in winter, which plays an important role both in shaping the consumer properties of water and ensuring the environmental safety of water bodies. A fundamental difference has been revealed in the pronounced intra-daily fluctuations in the quality of water taken in the emergency zone area in the winter for 2022, 2023 and 2024, which are caused by significant changes in water discharge rates in the downstream. These features are associated with the establishment of the operating mode of the Kamskaya HPP, since starting from 2024, the required water level in the downstream of the station and the average water flow at the level of 700–800 m³/s are maintained throughout the entire winter low-water period to ensure a sustainable water supply.

Keywords: intraday fluctuations, water quality, KamHPP, water supply

Введение

В настоящее время внутрисуточные колебания играют принципиально важную роль в обеспечении устойчивости функционирования системы питьевого водопользования. При анализе рассматриваемых колебаний расходов воды в нижний бьеф Камской ГЭС на качество забираемой воды в районе водозабора ЧОС г. Перми в зимний период в данной работе ключевой является проблема установления механизмов, обуславливающих наличие таких достаточно быстро протекающих колебаний химического состава воды, так как гидрологические процессы, тем более в зимний период, характеризуются значительной инерционностью. В ранее проведенных исследованиях была выявлена [1–4] характерная особенность данного

района водохранилища – водные массы в зимний период характеризуются значительной вертикальной неоднородностью. Близость данного участка к плотине Камской ГЭС (расстояние до гидроузла составляет порядка 16 км) обуславливает значительное влияние на гидродинамический режим исследуемого участка водоема ввиду неравномерности (резких изменений) расходов сброса воды в нижний бьеф КамГЭС.

Материал и методы исследования

Основной водозабор питьевой воды г. Перми – ЧОС, расположенный непосредственно ниже зоны слияния рек Сылвы и Чусовой, находится в подпоре от плотины Камской ГЭС. Слияние рек – весьма распространенное явление, его исследованию посвящено большое количество работ [5; 9]. При этом достаточно часто рассматриваемые, сливающиеся реки характеризуются существенно различающимся составом вод [6-8]. При проведении натурных наблюдений проводились измерения удельной электропроводности воды, так как общая минерализация воды и жесткость требуют для своего определения достаточно сложной громоздкой процедуры. При этом основным преимуществом применения данного показателя является его очень хорошая линейная связь с минерализацией и жесткостью воды (рис. 1).

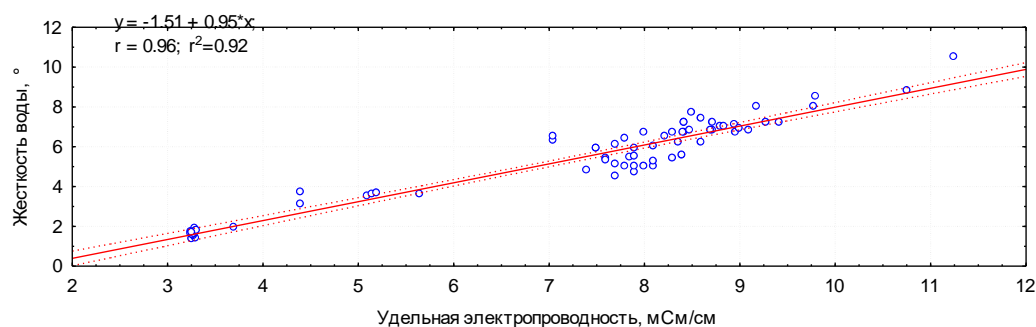


Рис. 1. График зависимости удельной электропроводности и жесткости воды

Результаты исследования и их обсуждение

Большинство крупных ГЭС из-за особенностей их регулирования, в первую очередь, ориентированы на снятие внутрисуточных неравномерностей потребления электроэнергии. Резкие изменения расходов сброса воды в нижнем бьефе Камской ГЭС порождают в верхнем бьефе внутренние волны на границе раздела водных масс. Так как высота донных барьеров, определяющих эффективность селективного отбора воды, достаточно близка к границе раздела водных масс, возмущения, связанные с неравномерностью сбросов, отчетливо отражаются на качестве забираемой воды. При этом значительное влияние на качество забираемой воды оказывают наиболее существенные сбросы воды в нижний бьеф КамГЭС, а при малых сбросах воды влияние практически отсутствует (рис. 2, 3).



Рис. 2. Графики внутрисуточных колебаний расхода воды и удельной электропроводности (16.02.2022 г.)



Рис. 3. Графики колебаний расхода воды и электропроводности (февраль 2022 г.)

Как видно из рисунков 2, 3, ярко выражены существенные внутрисуточные колебания удельной электропроводности в феврале 2022 г. в диапазоне 8–12 мСм/см при значительных сбросах воды в нижний бьеф КамГЭС в среднем до 3000 м³/с. На рисунке 4 представлены колебания расходов сбросов воды в нижнем бьефе КамГЭС и жесткости воды на водозаборе ЧОС за февраль 2024 г. При этом в отличие от предыдущих двух лет в данном случае отчетливо выделен существенный линейный характер формируемых короткопериодных колебаний рассматриваемых характерных значений как расходов сброса воды в нижний бьеф в среднем 700–800 м³/с (2:00, 8:00, 14:00), в нескольких случаях до 800 – 1000 м³/с (20:00, выходные дни), так и жесткости забираемой воды на водозаборе 4 – 5 мг-экв/л (рис. 4).

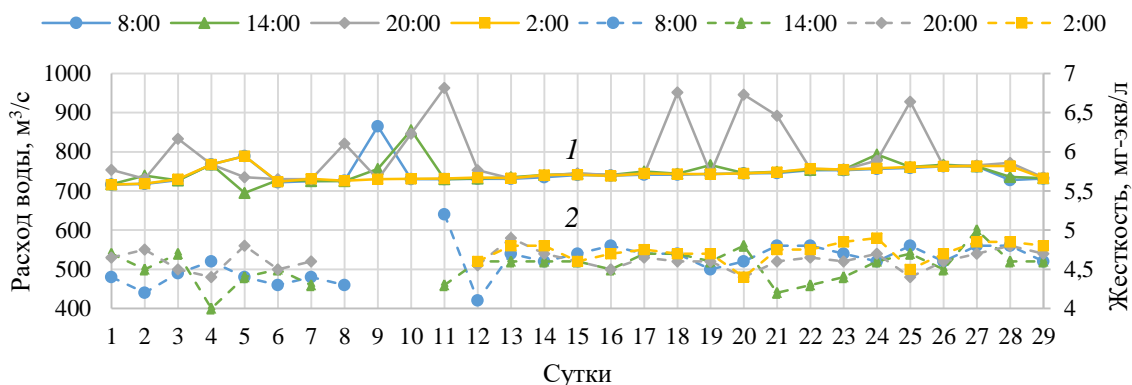


Рис. 4. Графики колебаний расхода сброса воды в нижний бьеф КамГЭС (1) и жесткости забираемой воды (2) на водозаборе ЧОС (февраль 2024 г.)

В то же время, согласно результатам статистического анализа (табл. 1), при сопоставлении характерных значений жесткости воды за различные годы 2022-2024 гг. показана их статистическая неоднородность на основе применения параметрических критериев Стьюдента и Фишера и отчетливо выделен тренд к понижению значений жесткости, что представляет принципиальное значение для обеспечения устойчивого функционирования водоснабжения. В то же время коэффициенты изменчивости и асимметрии рядов наблюдений жесткости воды за рассматриваемый зимний период колеблются в небольших диапазонах значений, соответственно, 0,03–0,13 и 0,43–0,53.

Таблица 1

Оценка однородности значений жесткости забираемой воды на водозаборе ЧОС по данным предприятия коммунального хозяйства г. Перми за февраль 2022 – 2024 гг. с использованием параметрических критериев Стьюдента t и Фишера F

Название 1 группа – 2 группа	Среднее значение 1 группы	Среднее значение 2 группы	t	Средне- квадратичное отклонение 1 группы	Средне- квадратичное отклонение 2 группы	F	C_v	C_s
2022- 2023 гг.	6.31	5.33	5.75	0.82	0.36	5.31	0.13 (2022 г.)	-0.43 (2022 г.)
2023- 2024 гг.	5.33	4.60	10.10	0.36	0.13	7.68	0.07 (2023 г.)	0.52 (2023 г.)
2022- 2024 гг.	6.31	4.60	10.78	0.82	0.13	40.82	0.03 (2024 г.)	-0.53 (2024 г.)

Данные статистические особенности внутрисуточных колебаний удельной электропроводности и жесткости воды обусловлены режимом работы Камской ГЭС, и установлением с 2024 г. в период зимней межени необходимого уровня воды в нижнем бьефе (Воткинском водохранилище) и среднего расхода воды в диапазоне 700–800 м³/с для обеспечения устойчивого водоснабжения и тем самым оптимизации производственных процессов.

Заключение

Внутрисуточные колебания качества воды представляют практический и теоретический интерес и могут оказывать существенное влияние как на формирование потребительских свойств воды, так и экологической безопасности водных объектов. В настоящее время КамГЭС, в первую очередь, ориентирована на снятие внутрисуточных неравномерностей потребления электроэнергии, как правило, характеризующихся существенной неравномерностью работы. Как показали выполненные исследования, данная неравномерность работы ГЭС не только порождает существенную неравномерность гидрологического режима в нижнем бьефе, но и генерирует внутренние волны на границе раздела водных масс. На рассматриваемом объекте они выражаются в виде существенных внутрисуточных колебаний удельной электропроводности и жесткости забираемой на водозаборе воды в феврале 2022 и 2023 гг. В то же время в феврале 2024 г. рассматриваемая особенность отражает значимый линейный характер формируемых на границе раздела водных масс внутренних волн. Данные особенности связаны с устойчивостью функционирования режима работы Камской ГЭС (отсутствием внутрисуточного режима регулирования), тем самым поддержанием в течение всего периода зимней межени необходимого уровня воды в нижнем бьефе КамГЭС и расхода воды в среднем 700–800 м³/с для обеспечения устойчивого водоснабжения. Оценка и анализ формирования рассматриваемых внутрисуточных колебаний качества забираемой воды на ЧОС имеют принципиальное значение в обеспечении требуемой надежности устойчивости функционирования систем водоснабжения в работе ГЭС и принятия эффективных мер по минимизации их влияния.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания (рег. номер НИОКТР: 124020500053-6).

Библиографический список

1. Лепихин А.П., Богомолов А.В., Тиунов А.А. Особенности течений в верхних бьефах крупных ГЭС, связанных с неравномерностью пропуска через них воды // Горное эхо. 2020. № 1 (78). С. 12-15. DOI: 10.7242/echo.2020.1.3 EDN: ZSIZQL

2. Лепихин А.П., Любимова Т.П., Возняк А.А., Паршакова Я.Н., Богомолов А.В., Ляхин Ю.С. Особенности регулирования качества воды при ее селективном заборе из водохранилищ // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2017. № 3. С. 56-68. EDN: ZATFEL
3. Лепихин А.П., Богомолов А.В., Синцова Т.Н. Особенности внутрисуточных колебаний физических показателей качества воды в Камском водохранилище // Горное эхо. 2023. № 3 (92). С. 14-26. DOI: 10.7242/echo.2023.3.2 EDN: KLYQWP
4. Lyubimova T., Lepikhin A., Parshakova Ya., Kononov V., Tiunov A. Formation of the density currents in the zone of confluence of two rivers // J. Hydrol. 2014. Vol. 508. P. 328-342. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2013.10.041 EDN: SKKEEN
5. Bouchez J., Lajeunesse E., Gaillardet J., France-Lanord C., Dutra-Maia P., Maurice L. Turbulent mixing in the Amazon River: The isotopic memory of confluences // Earth Planet. Sci. Lett. 2010. Vol. 290. P. 37-43. DOI: 10.1016/j.epsl.2009.11.054 EDN: MYJXND
6. Cheng Z., Constantinescu G. Stratification effects on flow hydrodynamics and mixing at a confluence with a highly discordant bed and a relatively low velocity ratio // Water Resour. Res. 2018. Vol. 54. P. 4537-4562. DOI: 10.1029/2017WR022292 EDN: YJILPN
7. Cheng Z., Constantinescu G. Stratification effects on hydrodynamics and mixing at a river confluence with a discordant bed // Environ. Fluid Mech. 2020. Vol. 20. P. 843-872. DOI: 10.1007/s10652-019-09725-6 EDN: HOPGOL
8. Horna-Munoz D., Constantinescu G., Rhoads B., Lewis Q., Sukhodolov A. Density effects at a concordant bed natural river confluence // Water Resour. Res. 2020. Vol. 56. DOI: 10.1029/2019WR026217 EDN: VEJFP
9. Umar M., Rhoads B., Greenberg J.A. Use of multispectral satellite remote sensing to assess mixing of suspended sediment downstream of large river confluences // J. Hydrol. 2018. Vol. 556. P. 325-338. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2017.11.026 EDN: YJYHCY

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КЛИМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ТЕРРИТОРИИ КАМЧАТСКОГО КРАЯ

В статье произведена оценка точности климатических моделей CMIP6. Сравнение производилось за периоды 1961–1990 гг. и 1981–2010 гг. по данным 13 метеостанций. Рассчитаны коэффициенты корреляции Пирсона между фактическими и модельными данными температуры воздуха.

Ключевые слова: региональный климат, CMIP6, температура воздуха

N.I. Tananaev¹, M.A. Timofeev², tanni@s-vfu.ru

¹North-Eastern Federal University named M. K. Ammosov, Yakutsk, Russia

²Vitus Bering Kamchatka State University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

COMPARATIVE ANALYSIS OF CLIMATIC TEMPERATURE MODELS IN THE KAMCHATKA TERRITORY

The article assesses the accuracy of CMIP6 climate models. The comparison was made for the periods 1961–1990 and 1981–2010, according to data from 13 meteorological stations. Pearson correlation coefficients between real and model air temperature data are calculated.

Keywords: regional climate, CMIP6, air temperature

Введение. При прогнозировании будущих изменений климата, как правило, применяется ансамблевый подход, когда используется совокупность многих моделей. Но не все модели обладают одинаковой точностью, особенно при воспроизведении климата в региональном масштабе [1]. Поэтому оценка точности воспроизведения климатических моделей является важной задачей. Те модели, что показывали высокую согласованность в одном регионе, могут не подходить для описания климата другого региона. Так, например, в работе [2] климатические модели сопоставлялись с данными метеостанции Марпе-Сале (Западный Ямал), и наибольшую точность показала модель MPI-ESM1-2-HR. Но для описания других регионов, таких как Якутия и Камчатка, указанная модель уже не подходит.

Материалы и методы. Отбор климатических моделей из репозитория CMIP6 [3] производился по нескольким критериям. Временное разрешение – месяц. Пространственное разрешение – 100 км. Тип эксперимента – *historical*. Переменная – *tas*. Версия – *r1i1p1f1*. По данным критериям выбрано 25 моделей: AWI-CM-1-1-MR, BCC-CSM2-MR, CAMS-CSM1-0, CESM2, CESM2-WACCM, CESM2-WACCM-FV2, CIESM, CMCC-CM2-HR4, CMCC-CM2-SR5, CMCC-ESM2, E3SM-1-1, E3SM-1-0, E3SM-1-1-ECA, E3SM-2-0, EC-Earth3, EC-Earth3-Veg, EC-Earth3-AerChem, EC-Earth3-CC, FGOALS-f3-L, INM-CM4-8, INM-CM5-0, MPI-ESM1-2-HR, NorESM2-MM, SAM0-UNICON, TaiESM1.

Каждая модель представляет собой комплекс множества nc-файлов. Перед началом обработки, в среде Ubuntu 20.04 для Windows производилось объединение файлов, командой «ncrcat» специализированного пакета “CDO”. С помощью R-скриптов nc-файлы преобразовывались в растровые покрытия формата tiff, которые охватывают всю территорию Камчатского края. Осреднение производилось по периодам: 1961–1990 гг. и с 1981–2010 гг. так как временной ряд моделей типа *historical* простирается только до декабря 2014 г. включительно.

В программе QGIS, используя модуль “Point Sampling Tools” из растровых покрытий извлекались значения в точках расположения метеостанций. Данные метеостанций были взяты из источника [4]. В открытом доступе находятся данные только 13 метеостанций: Корф 25954, Апука 25956, Мыс Лопатка 32213, Оссора 32246, Усть-Воямполка 32252, Усть-Хайрюзово 32287, Эссо 32363, Ича 32411, Долиновка 32447, Соболево 32477, Семячик 32509, Большерецк 32562, Петропавловск-Камчатский 32583. Для каждой исследуемой метеостанции рассчитывалось среднее значение температуры в обоих периодах. Затем, фактические значения сравнивались с извлечёнными данными климатических моделей, путём расчётов коэффициентов линейной корреляции Пирсона.

Результаты и обсуждение. Результаты расчётов коэффициентов корреляции Пирсона, представлены на рисунке.

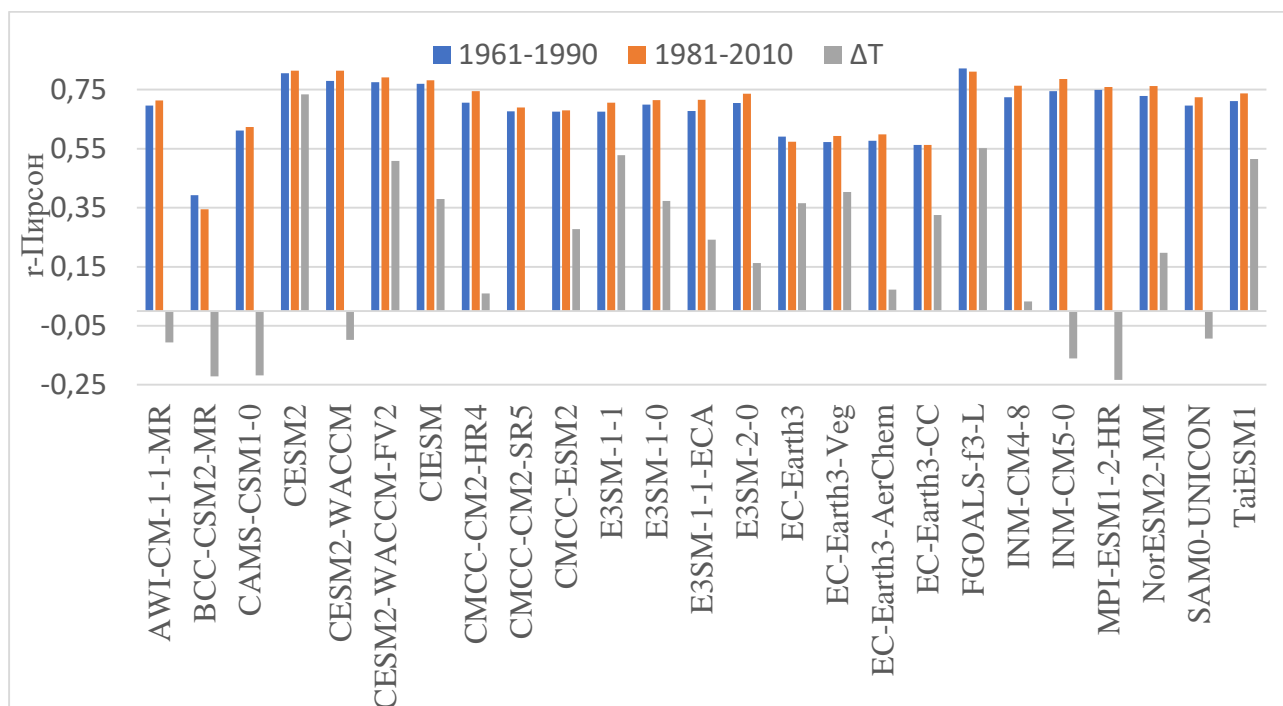


Рис. Коэффициенты корреляций по 25 климатическим моделям

При уровне значимости $p=0,05$ и $k=24$ критическое значение r составляет 0,404. Только у модели BCC-CSM2-MR, расчётные значения коэффициентов меньше критического значения, что говорит об отсутствии статистической значимости. Но для остальных моделей коэффициенты корреляции для среднегодовой температуры в обоих периодах больше критических значений, что подтверждает их статистическую значимость. При этом, практическую значимость имеет корреляция ΔT , так как она характеризует насколько хорошо, модель описывает изменения климата. А для ΔT , у 20 моделей коэффициенты r -Пирсона меньше критического значения, что свидетельствует об отсутствии их статистической значимости. У 7 моделей коэффициенты r -Пирсона уходят в область отрицательных значений, но так как у них подтвердилось отсутствие статистической значимости, нельзя однозначно определить характер взаимосвязи. Из начальных 25 климатических моделей, только у 5, все три показателя r -Пирсона, статистически значимы.

В таблице отображены результаты расчётов среднего, медианы и дисперсии для 5 моделей, которые показали наилучшую корреляцию. Расчёт производился по всей территории Камчатки. Все показанные модели указывают на повышение температуры воздуха в современном периоде. Так же, отмечается увеличение дисперсии, что является следствием того, что увеличился разброс среднегодовых температур. Самой *тёплой* является модель CESM2, среднее значение менялось от $-4,38^{\circ}\text{C}$ до $-3,55^{\circ}\text{C}$. А самой *холодной* показала себя модель

TaiESM1, где средняя температура увеличилась от -8,44 °C до -7,64 °C. Из-за того, что в свободном доступе находятся данные только ограниченного количества метеостанций, расчёт фактического среднего значения по всей территории Камчатки, только по 13 метеостанциям будет не совсем корректным.

Таблица

Средняя температура по данным моделей на всей территории Камчатки

Период	1961-1990 гг.			1981-2010 гг.			Δt, °C
Параметр	Среднее	Медиана	Дисперсия	Среднее	Медиана	Дисперсия	
CESM2	-4,38	-4,37	0,66	-3,55	-3,63	0,77	0,83
CESM2-WACCM-FV2	-4,91	-4,70	0,90	-4,05	-3,86	1,45	0,86
E3SM-1-1	-5,82	-5,78	1,07	-5,00	-5,06	1,21	0,82
FGOALS-f3-L	-4,81	-4,76	0,65	-3,98	-3,88	0,73	0,83
TaiESM1	-8,44	-8,33	1,39	-7,64	-7,91	1,77	0,8

Выводы. Наиболее оптимальными являются 5 моделей: CESM2, CESM2-WACCM-FV2, E3SM-1-1, FGOALS-F3-L, TaiESM1. Они лучше всего описывают изменение между периодами ΔT, r-Пирсона больше 0,5, что говорит о наличии заметной взаимосвязи. Модели согласуются с данными наблюдений исследуемых метеостанций, но это не гарантирует того, что они будут достаточно качественными для всей территории, чтобы войти в региональный ансамбль.

Библиографический список

1. Tananaev N. I. Regional ensemble of CMIP6 global climate models for Sakha (Yakutia) Republic, Northern Eurasia / N. I. Tananaev // Polar Science. – 2024. – P. 101066. DOI: 10.1016/j.polar.2024.101066 EDN: PUVQXC
2. Никитин К.А. Сопоставление результатов климатического моделирования проекта CMIP6 с данными наблюдений За температурой приземного воздуха на примере метеостанции Марре-Сале, Западный Ямал / К. А. Никитин // Экология и природопользование: устойчивое развитие сельских территорий: Сборник статей по материалам III Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 05–09 июня 2023 года / Отв. за выпуск А.Г. Максименко. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2023. – С. 512-515. EDN: USYIRM
3. URL: <https://esgf-node.ipsl.upmc.fr/projects/cmip6.-ipsl/> (дата обращения 15.02.2024).
4. URL: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/index.xhtml?idata=8> (дата обращения: 09.02.2024).

ТЕМПЕРАТУРНО-ВЕТРОВОЙ РЕЖИМ В КУЧЕВО-ДОЖДЕВЫХ ОБЛАКАХ

В работе представлены результаты исследования числа Ричардсона по данным радиозондирования атмосферы с высоким разрешением. Получены распределения по высоте вертикальных градиентов потенциальной температуры и скорости ветра, а также скорость их изменения с высотой. Проведен анализ связи этих величин с атмосферной турбулентностью.

Ключевые слова: температурно-ветровой режим, турбулентность, кучево-дождевое облако, число Ричардсона, сдвиг ветра.

E. Yu. Fedurin, egor.fedurin@gmail.com

*Perm State University Perm, Russia***TEMPERATURE AND WIND CONDITIONS IN CUMULONIMBULAR CLOUDS**

The paper presents the results of a study of the Richardson number based on high-resolution atmospheric radiosonde data. The distributions of the vertical gradients of potential temperature and wind speed by altitude, as well as the rate of their change with altitude, are obtained. An analysis of the relationship of these quantities with atmospheric turbulence is carried out.

Keywords: temperature and wind conditions, turbulence, cumulonimbus cloud, Richardson number, wind shear.

По данным температурно-ветрового радиозондирования на Аэрологической станции Пермь исследованы показатели ветрового режима, термической стратификации, а также турбулентной структуры в кучево-дождевых облаках. Для исследования выбирались такие случаи, когда в момент выпуска радиозонда наблюдались ливневые осадки или гроза.

В качестве критерия, определяющего развитие турбулентности, возможно использование числа Ричардсона. Безразмерное число Ричардсона имеет вид

$$Ri = \frac{g}{\Theta} \frac{\partial \Theta / \partial z}{\beta^2}$$

где g — ускорение свободного падения, m/c^2 , Θ — средняя потенциальная температура слоя, $^{\circ}C$, β — вертикальный градиент скорости ветра (сдвиг ветра).

Наиболее благоприятным для развития турбулентности являются слои с критическими значениями $Ri < 1$ [2].

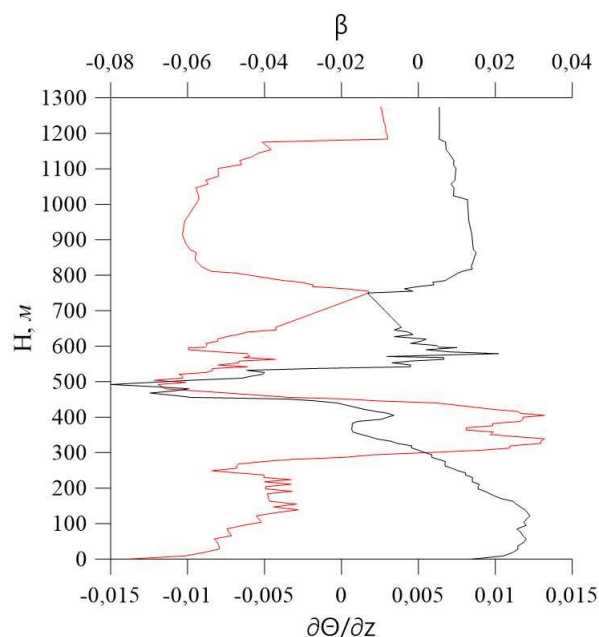


Рис. 1. Высотные профили вертикального градиента потенциальной температуры (красная кривая) и вертикального градиента скорости ветра (черная кривая)

В связи с тем, что современные данные температурно-ветрового радиозондирования имеют высокое разрешение (3—5 м между соседними точками), то зачастую между соседними точками отсутствует сдвиг ветра ($\beta = 0$), а т.к. $Ri \sim 1/\beta$, то в таких ситуациях $Ri \rightarrow \infty$. Поэтому в настоящей работе производилось исследование компонент числа Ричардсона по отдельности. В таком случае следует ожидать, что благоприятными для развития турбулентности будут слои с отрицательным градиентом потенциальной температуры ($\partial\Theta/\partial z < 0$) и значениями сдвига ветра, близкими к нулю ($\beta \rightarrow 0$). При положительных градиентах температуры ($\partial\Theta/\partial z > 0$) значения числа Ричардсона будут больше критического, поэтому турбулентность не возникает.

На рис. 1 представлены высотные профили вертикального градиента потенциальной температуры ($\partial\Theta/\partial z$) и вертикального градиента скорости ветра (β) в кучево-дождевом облаке 06 июня 2023 г. в срок 12 ч.

Уровень (степень) турбулентной энергии определяется не только градиентами температуры и ветра, но, по-видимому, зависит от изменения этих градиентов. Для оценки уровня турбулентности атмосферы и для определения тех слоев, в которых не может наблюдаться турбулентность, необходимо обращать внимание не только на большие β , а следовательно, и малые значения Ri , но и на характер изменения этих величин по вертикали.

Для возникновения повышенной турбулентности благоприятно такое положение, когда малые значения β (большие величины Ri) в нижележащем слое переходят в большие значения β (малые значения Ri) в соседнем вышележащем слое; турбулентность начинается в слое с большими значениями β , т.е. в слое с резким усилением ветра.

Верхняя граница турбулентной зоны обычно связана с тем уровнем, вблизи которого наблюдается резкий переход от малых значений Ri к его большим величинам.

При мощном слое с малыми значениями Ri турбулентная энергия как бы рассеивается, и турбулентность может либо отсутствовать, либо наблюдаться сверху и снизу данного слоя [1].

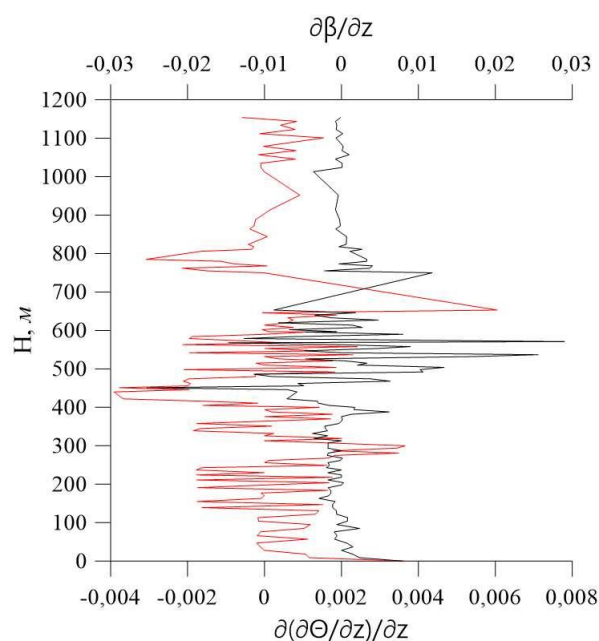


Рис. 2. Высотные профили скорости изменения вертикального градиента потенциальной температуры (красная кривая) и скорости изменения вертикального градиента скорости ветра (черная кривая)

На рис. 2 представлены высотные профили скорости изменения вертикального градиента потенциальной температуры ($\partial(\partial\Theta/\partial z)/\partial z$) и скорости изменения вертикального градиента скорости ветра ($\partial\beta/\partial z$) в кучево-дождевом облаке 06 июня 2023 г. в срок 12 ч.

Как видно из рис. 2, наиболее интенсивная скорость изменения вертикального градиента скорости ветра наблюдается в слое 400—800 м, где, предположительно, можно ожидать развитие турбулентности.

Библиографический список

1. Воронцов П.А. Турбулентность и вертикальные токи в пограничном слое атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1966. — 296 с.
2. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. СПб.: Гидрометеиздат, 2000. 780 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ КЛИМАТИЧЕСКИМИ РИСКАМИ

Риски, обусловленные влиянием погодных и климатических условий, рассматриваются через отклонения плановых и фактических значений результатов экономической деятельности. Показано, что использование гидрометеорологической информации на различных стадиях принятия погодно-ориентированных решений, позволяет минимизировать риски, связанные с неопределенностью реализации ожидаемого состояния погоды и климата.

Ключевые слова: климатический риск, теплоэнергетика, неблагоприятные условия погоды, метеорологические прогнозы

A. Fokicheva, meteobenefit@yandex.ru

Perm State University, Perm, Russia

USING HYDROMETEOROLOGICAL INFORMATION IN MANAGING CLIMATE RISKS

Risks caused by the influence of weather and climate conditions are considered through deviations between the planned and actual results of economic activity. It is shown that the use of hydrometeorological information at various stages of weather-oriented decision-making allows for minimizing risks associated with the uncertainty of realizing the expected state of weather and climate.

Keywords: climate risk, thermal power industry, severe weather, meteorological forecasts

Управление климатическими рисками, возникающими в результате воздействия опасностей, связанных с погодой и климатом, на общество и экосистемы, включает в себя выявление угроз, оценку составляющих риска (определение ущерба в случае реализации опасности, оценку вероятности возникновения опасности), разработку мер защиты, направленных на снижение ущерба и их применение в случае необходимости, а также постоянное отслеживание новых рисков (ведение библиотеки рисков).

Следует отметить, что при описании погодозависимости хозяйствующего субъекта (реципиента риска) необходимо различать *влияние погодных условий на технологию производства работ* (на определенном этапе производственного цикла технология производства работ меняется, если параметры погодных условий попадают в заданный интервал или превышают пороговые значения), и *влияние опасной погоды* «severe weather» (производственный процесс затрудняется или останавливается при достижении метеорологическими величинами определенных критериев, хозяйственная инфраструктура подвергается риску физического разрушения). В обоих случаях необходимо установить критические значения метеорологических величин и периоды, в которые данные условия погоды оказывают влияние на деятельность предприятия [1]. И хотя климатические риски для предприятий и объектов инфраструктуры, как правило, связывают с влиянием опасной погоды (Приказ Минэкономразвития России от 28 декабря 2023 г. № 928 «О Внесении изменений в приказ Минэкономразвития России от 13 мая 2021 г. № 267 «Об утверждении методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата»), медленные климатические изменения способны влиять на деятельность предприятий как в коротком, так и в длительном периоде, поэтому особую значимость приобретает атрибуция климатических изменений.

Неопределенность относительно будущих событий, в том числе природного (гидрометеорологического) характера, порождает отклонения между планируемыми и фактическими значениями результатов экономической деятельности. Риски, обусловленные влиянием погодных условий и климатических изменений, следует рассматривать через отклонения плановых и фактических значений показателей финансово-хозяйственной деятельности предприятия. Данный подход к оценке рисков позволяет эффективно управлять погодно-климатическими рисками предприятия, используя гидрометеорологическую информацию (минимизировать отклонения между плановыми и фактическими значениями результатов экономической деятельности за счет оптимального использования гидрометеорологической информации при принятии погодно-ориентированных решений для любого горизонта планирования).

Структура включения гидрометеорологической информации в процесс принятия решений рассмотрена в работе [1] и изображена на рисунке 1.

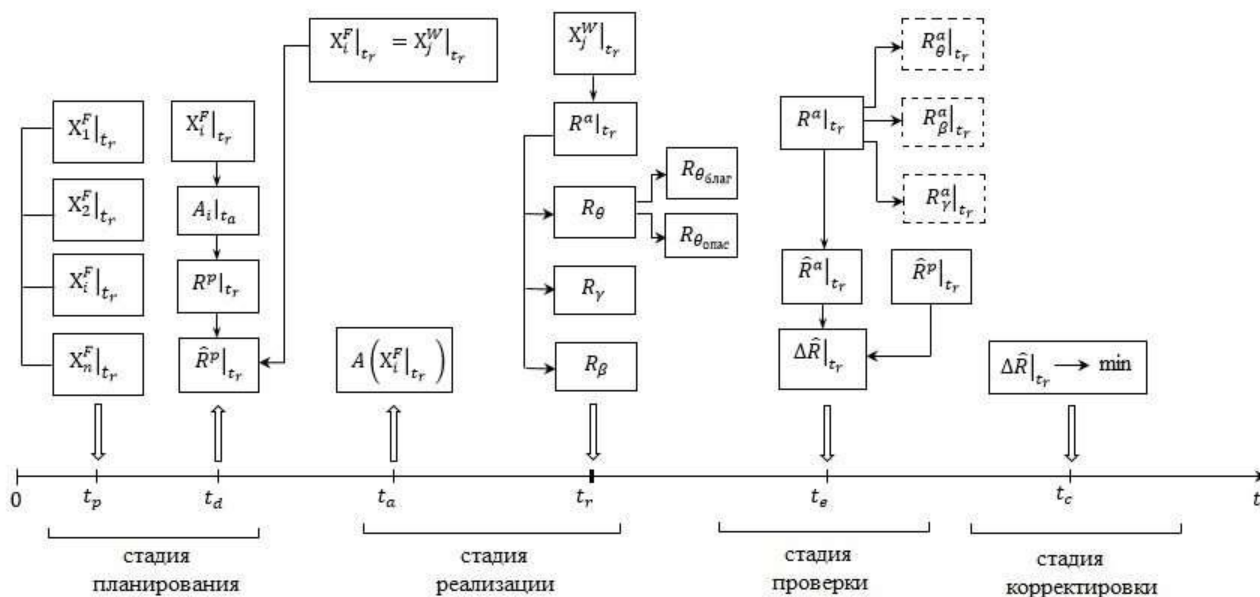


Рис. 1 Алгоритм принятия погодно-ориентированного решения

На стадии планирования управленческого (погоднo-ориентированного) решения ЛПР из множества возможных состояний погоды ($X_1^F, X_2^F, \dots, X_n^F$), ожидаемых в определенный (заданный) момент времени (t_r) выбирает одно, наиболее вероятное (X_i^F). Подобный выбор целесообразно осуществлять на основании оценки условной вероятности реализации каждого возможного состояния погодных условий. Исходя из ожидаемого состояния погоды (X_i^F) выбирается производственное решение (A_i), лучшим образом соответствующее данной погоде и дается стоимостная оценка (\hat{R}^p) ожидаемого (планируемого) результата (R^p) (в предположении, что в определенный момент времени (t_r) фактические условия погоды (X_j^W) совпадут с прогнозируемыми (X_i^F)). На стадии реализации погоднo-ориентированного управленческого решения существует момент (период) времени (t_a), в который ЛПР осуществляет или игнорирует управляющие воздействия, исходя из ожидаемых условий погоды. В заданный момент времени (t_r) реализуется одно из состояний погоды X_j^W , а фактический результат выбранного решения (R^a) будет, в том числе, определяться степенью соответствия ожидаемых и фактически осуществившихся условий погоды. Ситуации, в которой ожидаемые и фактические условия совпадают, соответствует лучший результат (R_θ), но последствия осуществления благоприятных ($R_{\theta \text{ благ}}$) и опасных ($R_{\theta \text{ опас}}$) условий погоды будут различны, что выражается и в стоимостной форме фактического результата (\hat{R}^a). Ситуация, при которой фактические условия погоды оказались более неблагоприятными, чем ожидалось, имеет более негативные последствия (R_γ) для экономической деятельности, чем обратная ситуация

(R_p). Наличие отклонений между планируемым и фактическим результатом влияет на результаты финансово-хозяйственной деятельности, требует стоимостной оценки ($\Delta\hat{R}$) и корректировки, направленной на минимизацию отклонений, обусловленных расхождением ожидаемых и фактических условий погоды.

Рассмотрим применение данного подхода для теплоснабжающих организаций на примере ТЭЦ-9 г. Перми.

Теплоснабжение, как погодозависимый процесс, характеризуется наличием функциональной зависимости между температурой воздуха и количеством теплоты Q , необходимой для отопления. Перед теплоснабжающей организацией стоит ряд задач, связанных с принятием погодно-ориентированных решений:

1. Определение сроков начала, окончания предстоящего отопительного сезона, его продолжительности, а также количества тепла, необходимого для обеспечения абонентов в предстоящий отопительный сезон (исходя из этого планируются показатели финансово-хозяйственной деятельности на будущий период).
2. Отпуск теплоносителя потребителям для поддержания заданной температуры воздуха в помещении в течение отопительного периода.
3. Устранение аварий, связанных с повреждением инженерного оборудования или тепловых сетей.

Первые две задачи обусловлены зависимостью производственных процессов от значений температуры воздуха, последняя – влиянием неблагоприятных (опасных) условий погоды на производственные объекты.

При планировании количества тепла на предстоящий отопительный сезон теплоснабжающая организация может использовать различные источники данных о температуре воздуха в отопительном периоде:

1. Значения средних температур воздуха за каждый месяц отопительного периода (согласно рекомендациям Всемирной метеорологической организации, расчет средних многолетних величин в настоящее время производится за период с 1991 по 2020 гг.)
2. Данные о температуре воздуха, обобщенные за более короткий временной интервал по сравнению с климатическим периодом.
3. Прогноз температурного режима на предстоящий отопительный период, содержащий вероятный диапазон средних значений температуры воздуха на каждый месяц предстоящего отопительного периода (долгосрочный прогноз температуры воздуха).

Средние многолетние значения температуры воздуха за месяцы отопительного периода для г. Перми приведены в таблице 1.

Таблица 1

Средние многолетние значения температуры воздуха в г. Перми

Месяц	Среднее значение температуры воздуха, °С	
	по данным за период с 1991 по 2020 гг.	по данным за период с 2011 по 2022 гг.
октябрь	+3,2	+3,2
ноябрь	–5,2	–4,6
декабрь	–10,7	–10,0
январь	–12,5	–12,6
февраль	–11,3	–9,1
март	–4,0	–3,4
апрель	+3,9	+2,0

Модельные расчеты показали, что при использовании климатической информации минимальные отклонения между запланированным и фактическим количеством тепла, необходимым на отопительный сезон 2023-2024 гг. обеспечивала стратегия использования дан-

ных о температуре воздуха, обобщенных за более короткий временной интервал по сравнению с климатическим периодом, но учитывающая распределение частоты значений температуры, представленное на рисунке 2.

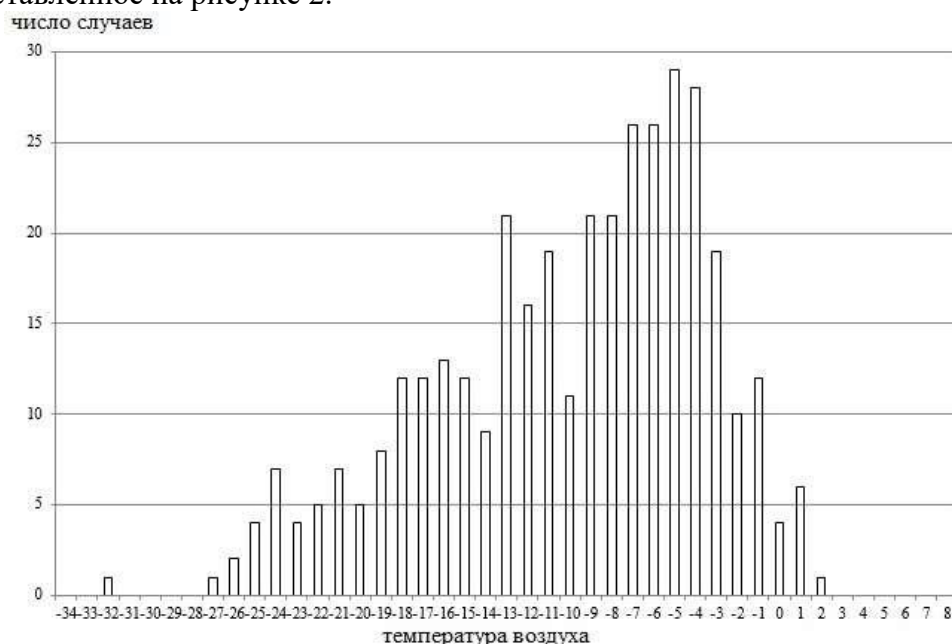


Рис. 2 Распределение температуры воздуха в декабре в г. Перми за период с 2011 по 2022 гг.

Отпуск тепла абонентам теплоснабжающая организация осуществляет с учетом ожидаемой температуры воздуха. Полагая, что мощность теплоисточника соответствует потребностям абонентов в тепле, планируемый (\hat{R}^p) результат (в стоимостном выражении) за выбранный период времени (T) определяется как разница между доходом, полученным при отпуске заданного количества тепла абонентам (\hat{R}^{Bp}), и затратами на его выработку на теплоисточнике (\hat{R}^{Cp}):

$$\hat{R}^p|_T = \hat{R}^{Bp}|_T - \hat{R}^{Cp}|_T, \quad (1)$$

Доходная часть планируемого результата определяется в соответствии с выражением:

$$\hat{R}^{Bp} = Q^F \cdot P, \quad (2)$$

где Q^F – количество теплоты за расчетный период, требуемое для отопления, в соответствии с ожидаемой температурой воздуха, Гкал; P – отпускная цена единицы тепловой энергии (тариф), в рублях за 1 Гкал.

Затратная часть планируемого результата определяется в соответствии с выражением:

$$\hat{R}^{Cp} = Q^F \cdot C, \quad (3)$$

где C – себестоимость производства единицы тепловой энергии, в рублях за 1 Гкал.

Доходная часть фактического результата (\hat{R}_θ^{Ba}) в случае соответствия прогнозируемой и наблюдавшейся температуры воздуха (ситуация равновесного теплоснабжения), также как и в ситуации недостаточного теплоснабжения (\hat{R}_γ^{Ba}), определяется в соответствии с правой частью выражения (2). В ситуациях избыточного теплоснабжения доходная часть фактического результата определяется выражением:

$$\hat{R}_\theta^{Ba} = Q^0 \cdot P, \quad (4)$$

где Q^0 – количество теплоты за расчетный период, необходимое для отопления, в соответствии с наблюдавшейся температурой воздуха, Гкал.

Затратная часть фактического результата в ситуациях избыточного (\hat{R}_θ^{Ca}) или равновесного (\hat{R}_θ^{Ca}) теплоснабжения определяется согласно правой части выражения (3).

В ситуациях недостаточного теплоснабжения затратная часть фактического результата определяется следующим образом:

$$\hat{R}^{Ca} = Q^F \cdot C + (Q^0 - Q^F) \cdot k \cdot P^*, \quad (5)$$

Где P^* - цена энергии, компенсированной за счет использования альтернативных источников тепла; k – переводной коэффициент.

Величина отклонения между планируемыми и фактическими результатами, оцениваемыми за расчетный период, характеризует влияние гидрометеорологической составляющей на прибыль, получаемую организацией

$$\Delta \hat{R}|_T = \hat{R}^p|_T - \hat{R}^a|_T, \quad (6)$$

На основании данных Пермского ЦГМС о прогнозируемых и фактических значениях температуры воздуха за период с октября 2022 года по апрель 2023 года, были выполнены модельные оценки результатов производственной деятельности ТЭЦ-9 г. Перми при условии использования теплоснабжающей организацией методических, инерционных и идеальных прогнозов температуры воздуха.

Таблица 2

Стоимостная оценка использования метеорологической информации
в оперативной деятельности ТЭЦ-9 г. Перми в отопительный период 2022-2023 гг.

Месяц	Стоимостной (фактический) результат использования краткосрочных прогнозов температуры воздуха, в млн. руб.			Нормированное отклонение фактического результата от планируемого значения, в долях единицы		
	идеальные прогнозы	методические прогнозы	инерционные прогнозы	идеальные прогнозы	методические прогнозы	инерционные прогнозы
октябрь	144,3	84,6	-110,2	0	0,4	1,8
ноябрь	250,3	47,4	-531,1	0	0,8	3,1
декабрь	314,1	148,7	-561,0	0	0,5	2,8
январь	333,1	169,9	-335,2	0	0,5	2,0
февраль	267,2	93,9	-253,4	0	0,6	1,9
март	199,1	-18,8	-352,3	0	1,1	2,8
апрель	135,7	82,7	-192,0	0	0,4	2,4
Итого	1643,9	608,4	-2335,2	0	0,6	2,4

Знак «минус» характеризует превышение затратной части результата над доходной. Полученные результаты показали, что для теплоснабжающих организаций реализация более низких температур воздуха ведет к увеличению дохода, максимальный доход наблюдается в ситуации равновесного теплоснабжения, а ситуация избыточного теплоснабжения позволяет получить лучший финансовый результат, чем ситуация недостаточного теплоснабжения.

Библиографический список

1. Фокичева А.А. Комплексная модель использования гидрометеорологической информации при осуществлении погодозависимой экономической деятельности //Ученые записки Международного банковского института. Вып. №1(43) / Под науч. ред. М.В. Сиговой. – СПб.: Изд-во МБИ, 2023. – с.166-184. EDN: UHKIMI

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ ЗАСУШЛИВОСТИ И УВЛАЖНЕНИЯ БАСЕЙНА РЕКИ БЕЛАЯ

В работе представлены результаты оценок тенденций засухи в пределах бассейна реки Белая. Используя инструментальные данные гидрологических постов и метеорологических станции сети Росгидромета, были вычислены стандартизированные значения индексов засухи. Для бассейна реки Белая сформирована база данных по трем индексам засухи, SPI, SSFI и SBFI с 1936 по 2020 гг. Произведена оценка тесноты связи стандартизированных значений индексов засухи, установлена высокая и статистически значимая корреляционная связь между всеми тремя индексами засухи. Для бассейна реки Белая выявлены как годы с экстремальной засухой, так и определены временные периоды засухи и увлажнения.

Ключевые слова: атмосферные осадки, речной сток, индексы засухи, изменение климата, корреляция.

I. Khasanov¹, A. Yelizariyev¹, D. Vasil`ev^{1,2}, khasanovIA@uust.ru

¹University of Science and Technology, Ufa, Russia

²Steppe Institute, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

STATISTICAL ANALYSIS OF EXTREME DROUGHT AND WET CONDITIONS ON THE BELAYA RIVER BASIN

The paper presents the assessment results of droughts for the Belaya River basin. Based on instrumental data from hydrological posts and meteorological stations of the Roshydromet network, standardized values of drought indices were calculated. For the Belaya River basin, a database for three drought indices, SPI, SSFI and SBFI from 1936 to 2020 was compiled. The closeness of a relationship between standardized indicators of drought indices was assessed, and a high and statistically significant correlation between all indices of drought was established. For the Belaya River basin, years with extreme drought were identified, and temporary periods of dryness and wetness were determined.

Keywords: precipitation, river runoff, aridity indices, standardized index, climate change, correlation.

Согласно большому количеству проведенных исследований, посвященных анализу пространственно-временной специфики засух/увлажнений для территории России, а также на Южном Урале, были выявлены очаги атмосферной засухи различной интенсивности [1–4]. Глобальное потепление приводит к увеличению частоты и продолжительности засух, что в свою очередь наносит огромный и невосполнимый ущерб экономике стран и отдельных регионов. Так, продолжительные засухи приводят к обмелению и пересыханию рек, являются основным фактором возникновения лесных пожаров [5–7]. Для минимизации экономического ущерба от засух необходимо введение системы раннего предупреждения и заблаговременного прогноза таких экстремальных явлений. В гидрометеорологической практике выделяют две основные категории засухи: метеорологическая (атмосферная) и гидрологическая. Метеорологическая засуха связана, прежде всего, с уменьшением количества выпавших осадков, гидрологическая – вызвана падением уровня грунтовых (подземных) вод и сокращением поверхностного стока [8, 9]. Для количественной оценки засух, с учетом физико-географических условий различных регионов, в гидрометеорологической практике исполь-

зуют различные индексы засухи/увлажнения [10]. Цель данного исследования – изучение пространственно-временных тенденций изменения засушливости на примере бассейна реки Белая.

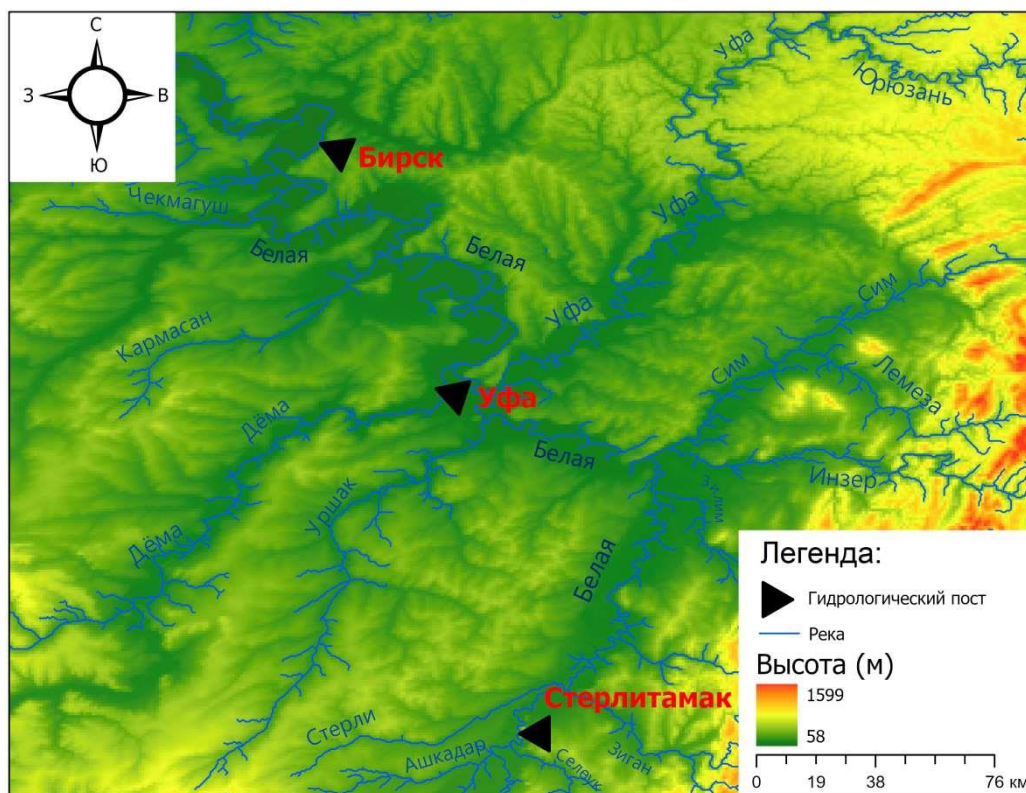


Рис. 1. Расположение гидрологических постов в бассейне реки Белая

Базой для первоначального анализа и последующих вычислений послужили средние суточные данные расходов воды и суточные суммы атмосферных осадков гидрометеорологической сети Росгидромета (<https://www.meteorf.gov.ru/>). Описание инструментальных данных измерений и используемая станционная сеть приведены в табл.

Таблица

Основные сведения используемой наблюдательной сети Росгидромета

Расход воды, м ³ с ⁻¹		
Гидрологический пост	Период наблюдения	Среднее многолетнее значение
г. Уфа – р. Белая	1936–2020 гг.	741,38
г. Бирск – р. Белая	1936–2020 гг.	834,14
г. Стерлитамак – р. Белая	1937–2020 гг.	122,57
Атмосферные осадки, мм		
Метеорологическая станция	Период наблюдения	Среднее многолетнее значение
Уфа	1936–2020 гг.	44,58
Бирск	1936–2020 гг.	44,51
Стерлитамак	1937–2020 гг.	43,54

Для количественной оценки метеорологической засухи использовался стандартизированный индекс осадков (Standardized Precipitation Index – SPI), оценка гидрологической засухи проводилась по данным стандартизированного индекса речного стока (Standardized Stream Flow Index – SSFI) и базисного стока (Standardized Base Flow Index – SBFi) [11]. Используя

данные инструментальных измерений с гидрологических постов (ГП) и метеорологических станций (МС), были вычислены значения всех трех индексов засухи (SPI, SSFI, SBFI).

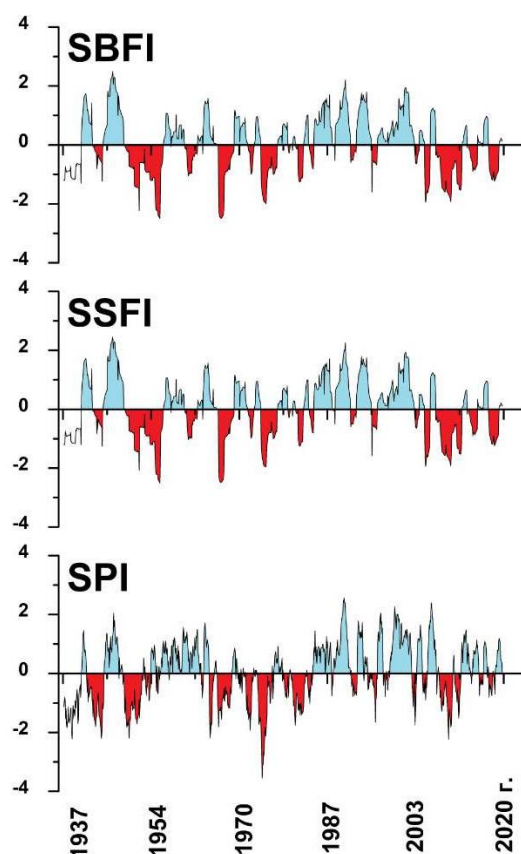


Рис. 2. Периоды засухи (красные) и увлажнения (голубые). Значения индексов засухи вычислены по инструментальным данным ГП г. Бирск – р. Белая и МС г. Бирск

Поскольку гидрологический пост г. Бирск – р. Белая является замыкающим створом в бассейне исследуемой реки, а результаты проведенного корреляционного анализа установили высокую тесноту связи по всем индексам засухи ($r = 0,91$), поэтому на рис. 2 приведена временная динамика индексов по одному из используемых в исследовании ГП и МС. Выделенные красным цветом периоды засухи совпадают по годам с экстремальными значениями температуры воздуха, главная причина которых блокирующие антициклоны 1975 и 2010 гг. Также в эти периоды засухам предшествовала аномально холодная зима с глубоким промерзанием почвы, и большая часть зимне-весенних осадков трансформировалась в речной сток. Засухи последних лет связаны, прежде всего, с внутригодовым перераспределением атмосферных осадков, осадки весенне-летнего периода уменьшились по сравнению с осадками осенне-зимнего сезона.

В заключение отметим, проведенный пространственно-временной анализ на основе индексов засушливости позволил провести оценку динамики увлажнения в пределах бассейна реки Белая. Результаты, полученные в данном исследовании, могут быть использованы при разработке системы раннего предупреждения и заблаговременного прогноза опасных природных явлений на территории Республики Башкортостан.

Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Уфимского университета науки и технологий (ПРИОРИТЕТ-2030), в части анализа засух на территории Республики Башкортостан в рамках Госзадания (№ AAAA-A21-121011190016-1).

Библиографический список

1. Безуглова Н.Н., Зинченко Г.С., Пузанов А.В. Современные тенденции изменения климата в аридных районах юга Западной Сибири // Метеорология и гидрология. 2012. № 11. С. 38-45. EDN: PFPYUP
2. Васильев Д.Ю., Водопьянов В.В., Семенов В.А., Чибилев А.А. Оценка тенденций изменения засушливости для территории Южного Урала в период 1960-2019 гг. с использованием различных методов // Доклады РАН. Науки о Земле. 2020. Т. 494. № 1. С. 91-96. DOI: 10.31857/S2686739720090212 EDN: RQLUNF
3. Васильев Д.Ю., Семенов В.А., Чибилев А.А. Климатические изменения температурного режима на территории России в XX-начале XXI века // География и природные ресурсы. 2023. Т. 44. № 2. С. 15-23. DOI: 10.15372/GIPR20230202 EDN: PSMABX
4. Уткузова Д.Н., Хан В.М., Вильфанд Р.М. Статистический анализ эпизодов экстремальной засушливости и увлажненности на территории РФ // Оптика атмосферы и океана. 2015. Т. 28. № 1. С. 66-75. EDN: TEDBBL
5. Васильев Д.Ю., Кучеров С.Е., Семенов В.А., Чибилев А.А. Оценка метеорологических факторов пожарной опасности на территории Южного Урала // География и природные ресурсы. 2022. Т. 43. № 2. С. 161-168. DOI: 10.15372/GIPR20220217 EDN: KYPOZW
6. Георгиади А.Г., Кашутина Е.А. Гидроклиматические характеристики экстремальных засух, наблюдавшихся на Русской равнине с 1970-х годов // Аридные системы. 2021. Т. 27. № 2(87). С. 3-11. EDN: ZDLXDY
7. Perevedentsev Y., Gusarov A., Mirsaeva N., Sherstyukov B., Shantalinsky K., Guryanov V., Aukhadeev T. Contemporary climate change and its hydrological consequence in the Volga River Federal District, European Russia // Climate. 2022. V. 10. № 12. DOI: 10.3390/cli10120198 EDN: PGZSXM
8. Tu X., Wu H., Singh V.P., Chen X., Lin K., Xie Y. Multivariate design of socioeconomic drought and impact of water reservoirs // Journal of Hydrology. 2018. V. 566. P. 192-204. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2018.09.012
9. Zargar A., Sadiq R., Naser B., Khan-Faisal I. A review of drought indices // Environmental Reviews. 2011. V. 19. P. 333-349. DOI: 10.1139/a11-013
10. Золотокрылин А.Н., Черенкова Е.А., Титкова Т.Б. Аридизация засушливых земель Европейской части России и связь с засухами // Известия РАН. Серия географическая. 2020. Т. 84. № 2. С. 207-217. DOI: 10.31857/S258755662002017X EDN: SFCKUS
11. Kumar R., Musuuza J. L., Van Loon A. F., Teuling A. J., Barthel R., Ten Broek J., Mai J., Samaniego L., Attinger S. Multiscale evaluation of the standardized precipitation index as a groundwater drought indicator // Hydrology and Earth System Sciences. 2016. V. 20. № 3. P. 1117-1131. DOI: 10.5194/hess-20-1117-2016 EDN: YDCHYV

ВОДНЫЙ РЕЖИМ ВОТКИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

В статье рассматриваются закономерности формирования водного режима Воткинского водохранилища с 2002 по 2021 гг. Основной приток к Воткинскому водохранилищу практически полностью зависит от сбросов воды через Камскую ГЭС (94–96% от общего притока), а расход воды определяется регламентом работы Воткинского гидроузла. Во внутригодовом ходе уровня выделяются три составляющие: весеннее наполнение, летне-осенняя стабилизация и зимняя сработка.

Ключевые слова: Воткинское водохранилище, водный режим, многолетнее распределение притока, расхода и уровня воды.

A.A. Shaydulina, M.A. Fasakhov, V.V. Demina, adelinash89@mail.ru
Perm State University, Perm, Russia

WATER REGIME OF THE VOTKINSK RESERVOIR AT THE CURRENT STAGE

The article examines the patterns of formation of the water regime of the Votkinsk reservoir from 2002 to 2021. The main inflow to the Votkinsk reservoir almost completely depends on water discharges through the Kama HPP (94–96% of the total inflow), and water consumption is determined by the regulations of the Votkinsk hydroelectric complex. The level regime of the Votkinsk reservoir is divided into three components: the phase of spring filling, summer-autumn stabilization and winter operation.

Keywords: Votkinsk reservoir, water regime, long-term distribution of inflow, discharge and water level.

Формирование водного режима водохранилищ в значительной степени зависит от соотношения приходных и расходных составляющих водного баланса, знание которого необходимо для управления их водными ресурсами, что особенно актуально при планировании хозяйственной деятельности на их водосборах [1–6, 8].

Целью настоящей работы является выявление закономерностей водного режима Воткинского водохранилища на современном этапе.

Исходными данными для анализа многолетней и внутригодовой изменчивости приходных и расходных элементов водного баланса и уровенного режима Воткинского водохранилища послужили материалы ежедневных наблюдений за 2002–2021 гг.

Воткинское водохранилище – вторая ступень Камского каскада с напором 23 м. Образовано в результате сооружения плотины Воткинской ГЭС у г. Чайковского. Наполнение водоема началось в 1961 г. и закончилось в 1964 г. Подпор от гидроузла распространяется вверх по р. Каме на 340 км до плотины Камской ГЭС. Площадь водосбора в створе Воткинского гидроузла (включая бассейн Камского водохранилища) составляет 184000 км². Протяженность с севера на юг – 640 км (от 61°57'с.ш. до 56°07'с.ш.), а с запада на восток – 530 км (от 51°35'в.д. до 60°27'в.д.). Частная водосборная площадь водоема составляет 16000 км² [7].

Для Воткинского водохранилища характерно следующее годовое распределение притока: 5–7% боковой приточности (реки Гайва, Мулянка, Качка, Нытва, Очер, Тулва, Сайгатка и др.), и поступление воды с Камского гидроузла (94–96%).

Согласно [7], нормальный подпорный уровень (НПУ) составляет 89,00 м БС, форсированный подпорный уровень (ФПУ) – 90,00 м БС, а уровень мертвого объема (УМО) – 84,00 м БС. Весной водохранилище наполняется до НПУ, во время больших половодий возможен подъем до ФПУ. В остальное время водохранилище работает в основном на транзитном стоке, изменение уровня обусловлено совместным режимом работы Камской и Воткинской ГЭС. Отметки в период судоходства поддерживаются выше минимального навигационного уровня (МНУ, 87 м БС). В безледоставный период объемы воды, сбрасываемые в нижний бьеф, компенсируются сработкой Камского водохранилища. Зимой такой режим нарушается. В среднем с января наблюдается понижение уровня, отметка которого к концу апреля достигает уровня предполоводной сработки – 85,00 м БС.

Анализ приходных и расходных составляющих водного баланса и уровня режима (рис. 1) показал, что распределение этих характеристик за многолетний период практически полностью соответствует Камскому водохранилищу.

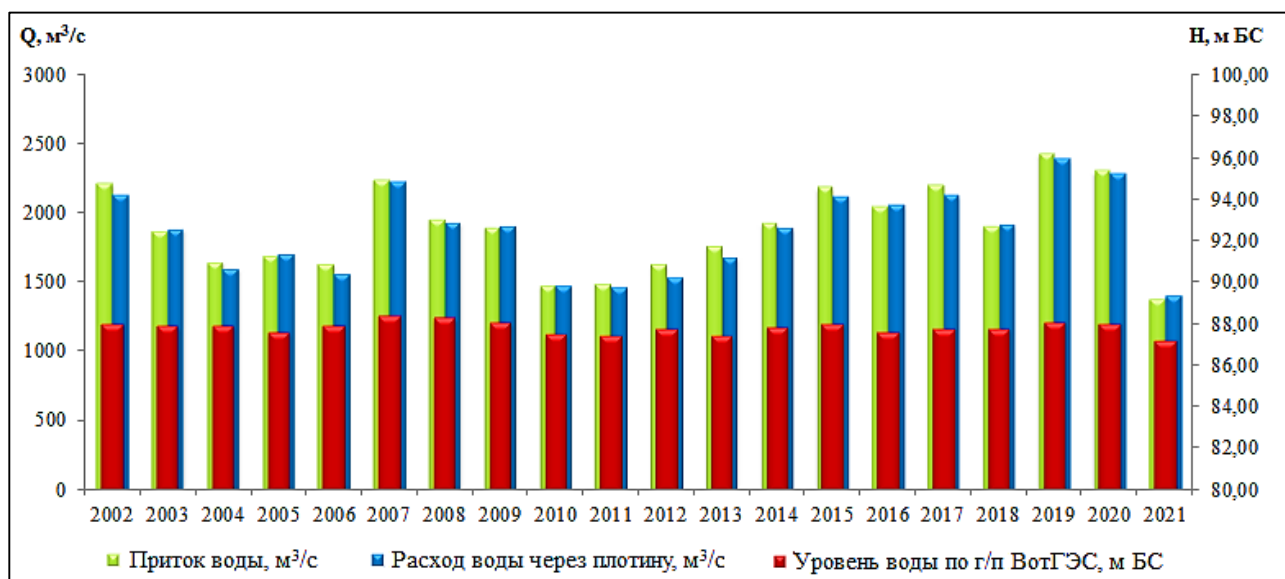


Рис. 1. Изменение притока к водохранилищу, расхода воды через ГЭС и уровня режима Воткинского водохранилища за 2002–2021 гг.

Наибольшие значения среднегодового притока воды к водохранилищу и расхода воды через Воткинскую ГЭС наблюдались в 2019 г. и составили около 2400 м³/с, а наименьшие – в 2021 г. (около 1400 м³/с соответственно). В среднем за 20-летний период значение притока воды и расхода воды через Воткинскую ГЭС составило 1880 м³/с, что практически соответствует среднегодовым значениям среднего по водности 2014 г. (рис. 1). В целом приток воды в водохранилище выше расхода воды через гидроузел. За период 2002–2021 гг. превышение притока воды над расходом наблюдалось в 60% случаев.

Анализ внутригодового распределения исследуемых величин по месяцам показал, что в период наполнения (с апреля по июнь включительно) средние значения притока воды и расхода через гидроузел составляют 3200 м³/с. Наибольшие значения притока воды приходятся на май, и в среднем составляют 5121 м³/с, а расхода воды – 4098 м³/с. В период летне-осенней стабилизации средняя величина притока воды составляет 1506 м³/с, а расхода воды – 1520 м³/с. В период зимней сработки средний расход воды через гидроузел (1447 м³/с) несколько превышает приток воды в водохранилище (1251 м³/с). Ход уровня воды по месяцам отражает совместный регламент работы и сезонное регулирование стока Камским и Воткинским гидроузлами. На рис. 2 представлен график фазово-однородных уровней воды [6], в котором четко прослеживаются фазы весеннего наполнения, летне-осенней стабилизации и зимней сработки. Внутри года значения уровня воды находятся в пределах проектных отметок, определенных «Правилами использования...» [7]. Годовая амплитуда колебания уровня воды на Воткинском водохранилище не превышает 5,00 м, в среднем составляя 3,00 м.

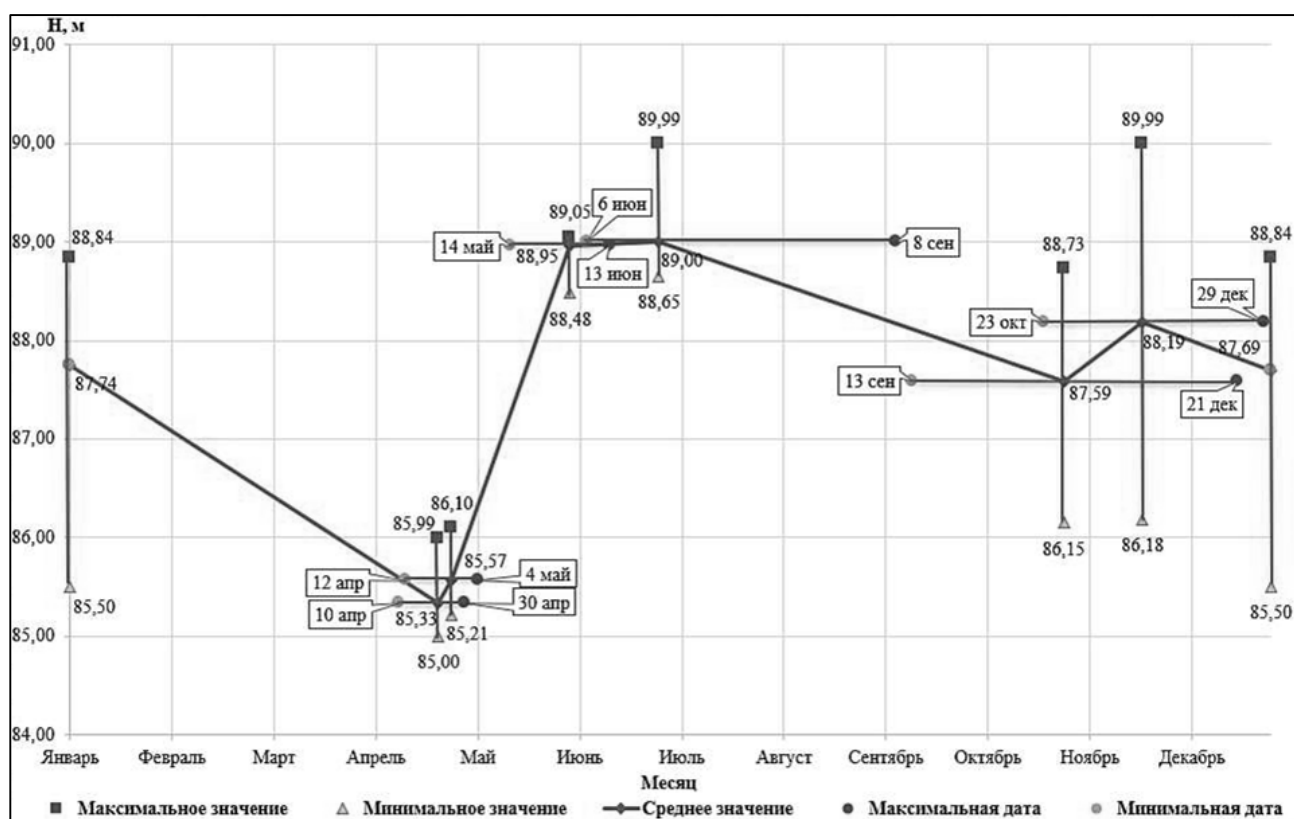


Рис. 2. График фазово-однородных уровней по г/п Воткинская ГЭС с 2002 по 2021 гг.

Выполнены расчеты соотношения притока воды и расхода через ГЭС в зависимости от фазы режима работы Воткинского водохранилища за средний по водности (2014), многоводный (2019) и маловодный (2021) годы (табл.).

Таблица

Соотношение притока воды и расхода через ГЭС в годы разной водности

Фаза режима	Приток		Расход	
	млн. м³	%	млн. м³	%
<i>2014 г., средний по водности</i>				
Наполнение	23,4	38	18,7	31
Стабилизация	16,2	27	17,3	29
Сработка	21,3	35	23,7	40
Итого	61,0	100	59,7	100
<i>2019 г., многоводный</i>				
Наполнение	22,8	30	18,3	24
Стабилизация	44,0	57	43,1	57
Сработка	10,2	13	14,2	19
Итого	77,0	100	75,6	100
<i>2021 г., маловодный</i>				
Наполнение	15,9	36	12,1	27
Стабилизация	16,1	37	18,3	41
Сработка	11,9	27	14,1	32
Итого	43,9	100	44,5	100

Анализ табл. показал, что общий приток воды в многоводный год больше на 26%, а в маловодный меньше на 28%, чем в средний по водности год. Сброс воды через ГЭС в многоводный год больше на 27%, а в маловодный меньше на 25%, чем в средний по водности год.

Таким образом, анализ изменения приходных и расходных составляющих водного баланса и уровня режима Воткинского водохранилища на современном этапе показал, что изменение рассмотренных характеристик практически полностью повторяет их динамику на Камском водохранилище. Средние значения притока воды к водохранилищу и расхода через гидроузел составляют 1881 м³/с. Ход уровня воды отражает совместный регламент работы и сезонное регулирование стока Камским и Воткинским гидроузлами. Значения уровня воды находятся в пределах проектных отметок, определенных [7]: весной (апрель-май) наполнение водоема происходит до НПУ (89,00 м БС), в период стабилизации (с июня по ноябрь) уровни воды поддерживаются выше отметки МНУ (87,00 м БС), а в период сработки находятся выше УМО (85,00 м БС), достигая своего минимума в апреле.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ, проект № 22-17-00224 «Формирование гидролого – геохимических процессов на водосборах каскадов Верхне – Волжских и Камских водохранилищ при различных сценариях землепользования и изменениях климата на их территориях».

Библиографический список

1. Авакян А.Б. Народнохозяйственные и экологические последствия спуска водохранилищ // Гидротехническое строительство, 1991, № 8. С. 1-8.
2. Болгов М.В., Бубер А.Л., Горелиц О.В., Землянов И.В. Управление водными ресурсами Нижней Волги в условиях климатических изменений // Изменение климата в регионе Каспийского моря, 2022. С. 245-247. EDN: THGZLJ
3. Бубер А.Л., Болгов М.В., Бубер В.Б. Оперативное управление водными ресурсами волжско-камского каскада ГЭС в период весеннего половодья на основе методов многокритериальной оптимизации и теории компромиссов // Водные ресурсы: новые вызовы и пути решения, 2017, С. 490-495. EDN: ZRZHZP
4. Григорьев В.Ю., Фролова Н.Л., Джамалов Р.Г. Изменение водного баланса крупных речных бассейнов европейской части России // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление, 2018, №4. С. 36-47. EDN: YLETGX
5. Изменение стока и качества вод на водосборах водохранилищ / С.В. Долгов, Н.И. Коронкевич, Е.А. Барабанова, и др. // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов, 2019. С. 75-80. EDN: HFXKLA
6. Матарзин Ю.М., Вопросы формирования водохранилищ и их влияния на природу и хозяйство. Пермь: Пермский Университет, 1970. 99 с.
7. Правила использования водных ресурсов Камского и Воткинского водохранилищ на р Каме. Москва: Федеральное агентство водных ресурсов, 2016. 202 с.
8. Эдельштейн К.К. Водохранилища России: экологические проблемы, пути их решения. Москва: ГЕОС, 1998. 277 с. ISBN: 5-89118-054-5 EDN: VJENWL

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОЛГОЖИВУЩИХ СИЛЬНЫХ ШКВАЛОВ В ЛЕСНОЙ ЗОНЕ РОССИИ

На основе многолетних данных о ветровалах в лесной зоне России создана выборка случаев долгоживущих сильных шквалов. Выборка включает 46 событий, в качестве критерия отбора случаев принята суммарная протяженность ветровалов более 100 км. Для выбранных случаев рассмотрены характеристики мезомасштабных конвективных систем, а также значения конвективных параметров атмосферы по данным реанализа ERA5

Ключевые слова: долгоживущие сильные шквалы, ветровалы, синоптические и мезомасштабные условия

A. Shikhov^{1,2}, A. Chernokulsky^{2,3}, Yu. Yarinich^{2,4} shikhovan@gmail.com

¹Perm State University, Perm, Russia

²A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics RAS, Moscow, Russia

³Institute of Geography RAS, Moscow, Russia

⁴Lomonosov Moscow State University, Geography Faculty, Moscow, Russia

MAIN CHARACTERISTICS OF LONG-LIVED SEVERE CONVECTIVE WINDSTORMS IN THE FOREST ZONE OF RUSSIA

The sample of long-lived severe convective windstorms (46 events) was compiled on the basis of long-term data on windthrow events in the forest zone of Russia. The total length of damage track more than 100 km was taken as a threshold for selecting events. For the selected events, we considered the characteristics of mesoscale convective systems, as well as the values of atmospheric convective parameters based on the ERA5 reanalysis data

Keywords: long-lived severe windstorms, windthrow, synoptic-scale and mesoscale environments

Долгоживущие сильные шквалы, известные также как деречо [9], представляют собой одно из наиболее опасных конвективных явлений погоды, поскольку охватывают значительные территории. Долгоживущие шквалы способны вызвать значительные человеческие потери, как например в случае 29.07.2010 г. в Ленинградской области, где погибли 18 человек [7]. Также они вызывают катастрофические ветровалы протяженностью до нескольких сотен км [4]. Долгоживущие конвективные шквалы (деречо), как и смерчи, наиболее распространены на территории США [10]. Однако, и в других регионах мира интерес к их изучению растет. В частности, в последние годы опубликованы работы по климатологии деречо в Германии [8], во Франции [6] и в Китае [3]. Целью настоящей работы была систематизация данных о долгоживущих сильных шквалах (в том числе близких к критерию деречо), условиях их возникновения в лесной зоне России и наносимом ущербе.

Информационной основой исследования стала картографическая база данных ветровалов в лесной зоне Европейской территории России и Сибири [2]. На ее основе выделены случаи шквалов, которые вызвали ветровалы протяженностью ≥ 100 км (на ЕТР за период с 1986 по 2023 гг., в Сибири за 2001–2023 гг.). Помимо базы данных о ветровалах, использова-

ны данные сети метеостанций Росгидромета, данные об ущербе, опубликованные в СМИ, в ежемесячных обзорах в научно-техническом журнале «Метеорология и гидрология» и в базе данных ESWD [7]. Для определения характеристик конвективных штормов, вызвавших шквалы, получены снимки с метеорологических спутников NOAA (с 1984 г.) Meteosat (с 1990 г.) и Himawari-8 (с 2015 г.). Условия возникновения шквалов анализировались на основе данных реанализа ERA5 и созданной на его основе базы данных конвективных параметров в Северной Евразии, с шагом сетки 31 км и шагом по времени 1 ч [1].

Созданная выборка включает 46 случаев шквалов или смешанных вспышек конвективных ОЯ, когда наблюдались как шквалы, так и смерчи, но основной ущерб связан со шквалами. В том числе 7 случаев отмечены на ЕТР в период 1986-2000 гг., 6 случаев в Зауралье и в Сибири в 2001-2023 гг. и 33 случая на ЕТР в 2001-2023 гг. (рис.). В 30 случаях по данным метеостанций были зафиксированы порывы ветра ≥ 25 м/с (в том числе в 16 случаях ≥ 30 м/с).

Ущерб от шквалов включает человеческие потери (по имеющимся данным, не менее 87 погибших и 556 травмированных), повреждения зданий и сооружений, нарушений электроснабжения и нарушения лесного покрова. Наибольшее число человеческих жертв связано со шквалами 29.05.2017 в Москве и Московской области, и 29.07.2010 в Ленинградской области (по 18 смертельных случаев). Данные о материальном и экономическом ущербе имеют фрагментарный характер. Наиболее значительный ущерб был зафиксирован в связи со шквалами 16.07.2004 г. в Иркутской области, 01.06.2007 г. в Башкирии и Челябинской области и 29.07.2010 г. на северо-западе ЕТР.

Общая площадь ветровалов, вызванных рассматриваемыми случаями шквалов, составляет ≈ 311 тыс. га, или 54,8% от общей известной площади ветровалов на ЕТР и в Сибири. Наиболее масштабные ветровалы от шквалов на ЕТР отмечены 27.06.2010 и 29.07.2010 гг., в Сибири – 16.07.2004 и 23.07.2022 гг.

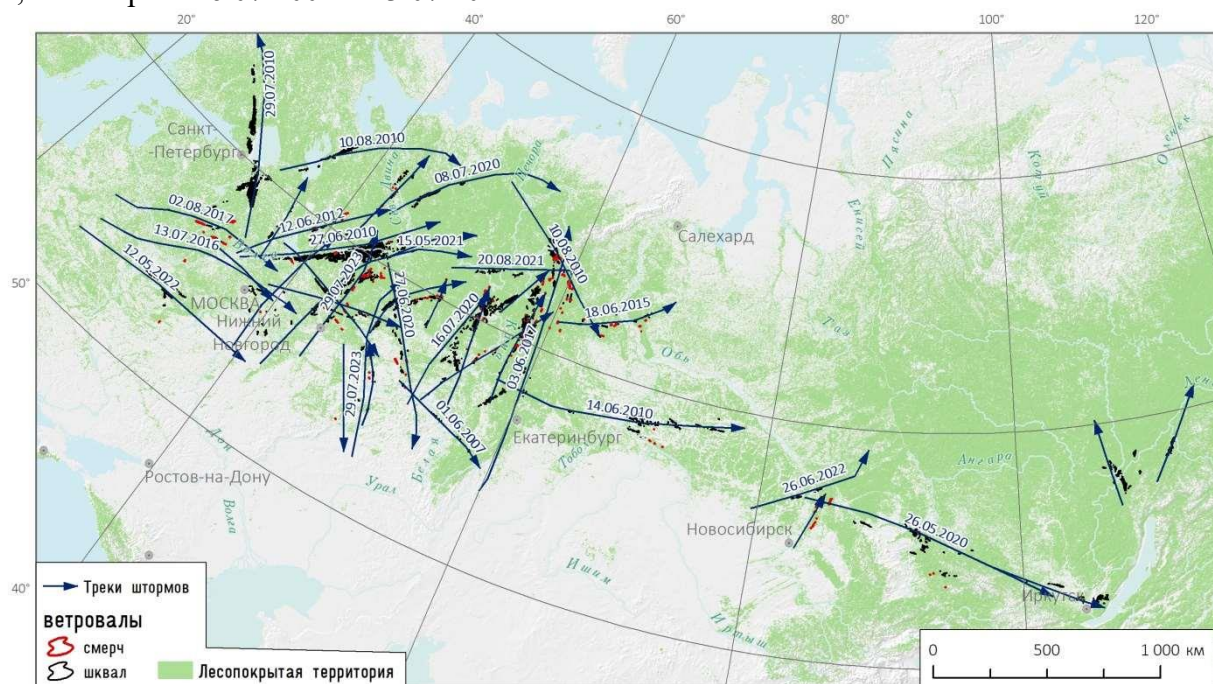


Рис. Случаи долгоживущих сильных шквалов в лесной зоне России

Для анализа условия возникновения шквалов рассчитаны значения конвективных параметров вдоль треков мезомасштабных конвективных систем (МКС), вызвавших шквалы. Большинство шквалов связаны с МКС масштаба мезо-α (мезомасштабными конвективными комплексами и линиями шквалов). Продолжительность жизни МКС составляли от 4 ч до 16 ч. Также интересно, что 75% случаев характеризуются наличием одной четко выраженной

полосы разрушений, а в 25% случаев отмечалось две или более параллельно расположенных полосы разрушений.

На основе данных реанализа ERA5 показано, что условия возникновения подавляющего большинства случаев характеризуются сочетанием умеренной или сильной конвективной неустойчивости и высоких скоростей ветра в средней тропосфере (≥ 20 м/с), что благоприятно для формирования долгоживущих конвективных штормов. Медианные значения доступной потенциальной энергии неустойчивости, рассчитанной для перемешанного слоя (ML CAPE), и безразмерного параметра ML WMAXSHEAR (учитывающего как неустойчивость, так и скорость ветра в средней тропосфере) превышают 1000. Это существенно выше, чем аналогичные значения для всех случаев шквалов и смерчей, которые вызвали ветровалы в лесной зоне ЕТР и Урала [5]. Значения конвективных параметров достигают максимума через 2–3 ч после возникновения конвективного шторма, а затем отмечается их снижение.

Исследование выполнено при поддержке РФФ, проект №24-17-00357

Библиографический список

1. Чернокульский А.В., Елисеев А.В., Козлов Ф.А. и др. Опасные атмосферные явления конвективного характера в России: наблюдаемые изменения по различным данным // Метеорология и гидрология, 2022, № 5, с. 27-42. DOI: 10.52002/0130-2906-2022-5-27-41 EDN: LXTPLQ
2. Шихов А.Н., Чернокульский А.В., Калинин Н.А., Пьянков С.В. Ветровалы в лесной зоне России и условия их возникновения. Пермь, Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2023. 284 с. ISBN: 978-5-7944-4009-6 EDN: WSTBAY
3. Chen X., Yu X., Wang X. Investigation of Derechos in China: Spatiotemporal distribution, environmental characteristics, and morphology of Derechos producing convective systems // Acta Meteorologica Sinica, 2022, Vol. 80(1), P. 67-81.
4. Chernokulsky A., Shikhov A., Bykov A., et al. Diagnosis and modelling of two destructive derecho events in European Russia in the summer of 2010 // Atmos. Res., 2022, Vol. 267, Art. No. 105928. DOI: 10.1016/j.atmosres.2021.105928 EDN: NWERPK
5. Chernokulsky A., Shikhov A., Yarinich Yu., Sprygin A. An Empirical Relationship among Characteristics of Severe Convective Storms, Their Cloud-Top Properties and Environmental Parameters in Northern Eurasia // Atmosphere 2023, Vol. 14(1), Art. No. 174. DOI: 10.3390/atmos14010174 EDN: CTJIOJ
6. Fery, L. and Faranda, D.: Analysing 23 years of warm-season derechos in France: a climatology and investigation of synoptic and environmental changes // Weather Clim. Dynam., 2024, Vol. 5, P. 439-461. DOI: 10.5194/wcd-5-439-2024 EDN: ZURMKE
7. European Severe Weather Database. Электронный ресурс <https://eswd.eu/> (дата обращения 15.07.2024).
8. Gatzen C.P., Fink A. H., Schultz D.M., Pinto, J.G. An 18-year climatology of derechos in Germany // Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 2020. Vol. 20, P. 1335-1351. DOI: 10.5194/nhess-20-1335-2020 EDN: JMGEZI
9. Johns R.H., Hirt W.D. Derechos: Widespread convectively induced windstorms // Wea. Forecasting, 1987, Vol. 2, P. 32-49. DOI: 10.1175/1520-0434(1987)002<0032:DWCIW>2.0.CO;2
10. Squitieri B.J., Wade A.R., Jirak I.L. A Historical Overview on the Science of Derechos: Part I: Identification, Climatology, and Societal Impacts // Bull. Amer. Meteor. Soc., 2023. Vol. 104, P. 1709-1733. DOI: 10.1175/BAMS-D-22-0217.1 EDN: ISDLXC

В.А. Шкляев, shklyaeavl@yandex.ru
Пермский государственный национальный исследовательский университет
г. Пермь, Россия

ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА УРАЛЕ

В статье рассматриваются особенности изменения количества осадков на Северном и Среднем Урале за 80-летний период (1936–2015 г.). Используя скорректированные данные 10 метеорологических станций, были выявлены тенденции количественного изменения осадков в Предуралье и Зауралье.

Ключевые слова: атмосферные осадки, линейный тренд

V. Shklyaeavl, shklyaeavl@yandex.ru
Perm State University, Perm, Russia

LONG-TERM CHANGES IN ATMOSPHERIC PRECIPITATION IN THE URALS

The article deals with the peculiarities of changes in the amount of precipitation in the Northern and Middle Urals over an 80-year period (1936–2015). Using adjusted data from 10 meteorological stations, the trends of quantitative changes in precipitation in the Pre-Urals and Trans-Urals have been identified.

Keywords: atmospheric precipitation, linear trend

В связи с наблюдаемыми глобальными климатическими процессами происходят изменения различных параметров атмосферы, включая количество осадков и их экстремумов. Общий ход глобальных тенденций нарушается в отдельных регионах, особенно в районах со сложной орографией, примером которых может служить Урал [1, 2, 3].

Исследование особенностей режима атмосферных осадков базировалось на данных 10 метеорологических станций с данными о скорректированных осадках, выпавших в течение 80 лет каждого месяца года в период с 1936 по 2015 г. [4]. Станции были сгруппированы по 3-м широтным зонам: 1-я, самая северная от 59,0 до 61,0 °с.ш.; 2-я – от 57,0 до 58,9 °с.ш.; 3-я – от 54,0 до 56,9 °с.ш. Общая тенденция изменения годовых сумм осадков различается как для районов Северного и Среднего Урала, так и для Предуралья и Зауралья. Также известно, что на количество осадков оказывает влияние высота местности, рельеф и ориентация склонов относительно преобладающих направлений ветра [1]. Эту закономерность иллюстрируют данные табл. 1.

Таблица 1

Широта, высота над уровнем моря (н.у.м) и годовое количество осадков
на выбранных станциях

Станция	Предуралье			Станция	Зауралье		
	градус широты	высота н.у.м.	осадки, мм		градус широты	высота н.у.м.	осадки, мм
Чердынь	60,4	207	808	Ивдель	60,7	95	542
Бисер	58,5	463	908	Верхотурье	58,9	125	581
Пермь	58,0	171	672	Туринск	58,1	103	511
Красноуфимск	56,6	206	616	Златоуст	55,2	538	733
Янаул	56,3	102	535	Троицк	54,1	192	422

Так, годовое количество осадков в Предуралье существенно больше величины осадков в Зауралье, но в горных районах с повышением высоты над уровнем моря количество осадков возрастает, например в Златоусте оно значительно больше, чем на остальных станциях Зауралья. Прослеживается еще одна тенденция – уменьшение количества осадков в более южных районах, в Янауле оно составляет 535 мм, а в Троицке – 422 мм. Это наименьшие значения для рассмотренных западных и восточных территорий Урала.

Анализируя годовое распределение количества осадков, можно отметить, что в теплое время года количество осадков возрастает, что определяется усилением конвекции при повышении температуры воздуха. Следовательно, наибольшее количество осадков приходится на июль или июнь. Однако, различия в годовом ходе осадков в северных зонах значительно, а также в Предуралье, меньше, чем в южных районах и в Зауралье (табл. 2).

Таблица 2

Годовой ход осадков, 1936–2015 г.

Станция	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Предуралье												
Чердынь	64,2	43,3	50,3	51,2	58,8	70,6	83,9	75,6	75,2	84,3	78,0	72,2
Бисер	61,9	48,4	56,5	59,4	68,2	91,2	102,2	94,1	87,3	90,2	77,2	72,0
Пермь	47,2	33,1	33,6	37,7	57,7	77,5	74,3	71,7	67,9	63,7	55,3	52,7
Красноуфимск	38,9	29,4	33,6	35,4	49,8	69,9	80,1	64,1	59,4	58,9	49,6	46,9
Янаул	33,7	24,3	25,7	30,0	44,0	58,2	65,9	56,6	53,1	59,4	45,5	38,5
Зауралье												
Ивдель	27,1	20,5	25,7	33,8	49,6	64,2	82,5	72,1	61,9	42,4	32,7	29,1
Верхотурье	30,1	23,1	26,5	33,0	52,0	70,8	87,9	77,9	61,4	45,7	38,5	34,0
Туринск	25,8	20,4	22,1	29,6	45,9	60,7	78,7	68,2	54,7	39,5	34,5	30,8
Златоуст	36,7	29,9	37,9	42,7	66,1	82,4	113,3	82,6	69,4	69,6	56,3	46,0
Троицк	22,6	19,6	20,4	25,8	41,6	50,0	71,3	48,9	32,2	34,4	28,6	27,2

Экстремальное количество осадков на исследуемой территории может наблюдаться на нескольких станциях одновременно. Например, в Предуралье в 1978 г. максимум осадков наблюдался в Чердыни и Янауле, а в 1990 г. – в Бисере и Красноуфимске. Годы с минимальными осадками следующие: 1936 (Златоуст, Троицк) 1938 – Чердынь, Ивдель, Верхотурье, 1974 – Красноуфимск, Янаул (табл. 3).

Таблица 3

Экстремальное количество осадков за период 1936–2015 г.

Станция	макс.	год	мин.	год
Предуралье				
Чердынь	1107,6	1978	550,4	1938
Бисер	1281	1990	656,7	1976
Пермь	929,1	2015	446	1944
Красноуфимск	851,4	1990	389,8	1974
Янаул	772,7	1978	367,8	1974
Зауралье				
Ивдель	798,2	1956	344,4	1938
Верхотурье	780	2000	353,9	1938
Туринск	791,6	1990	288,2	1939
Златоуст	1186,1	1943	406	1936
Троицк	613,9	1946	213,5	1936

Долговременные изменения количества осадков проявляются в наличии, как правило, положительного линейного тренда (рис. 1). Наиболее существенный рост количества осадков наблюдался в Чердыни, а также в Перми, Ивделе и Туринске. Сглаженные значения указывают не некоторую синхронность временных изменений.

Однако, в Красноуфимске и Златоусте наблюдается отрицательный тренд годовых сумм осадков (рис. 2).

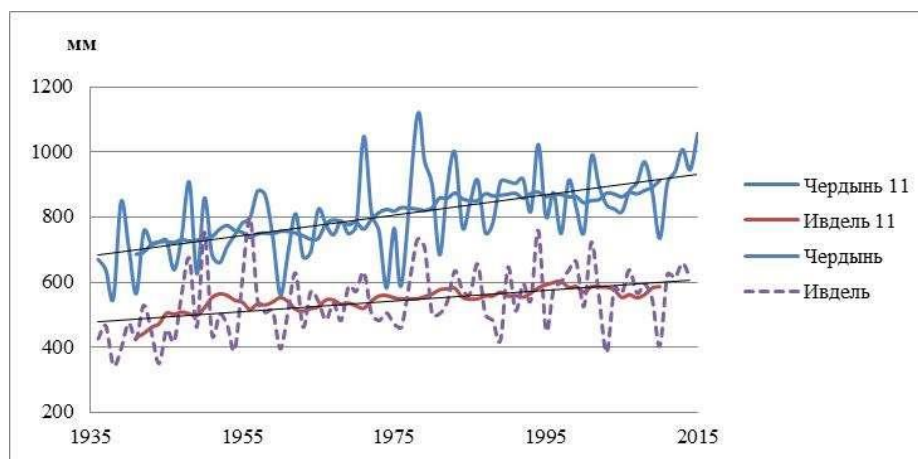


Рис. 1. Временные изменения годового количества осадков и их сглаженные 11-летние значения. Предуралье: Чердынь, Зауралье: Ивдель

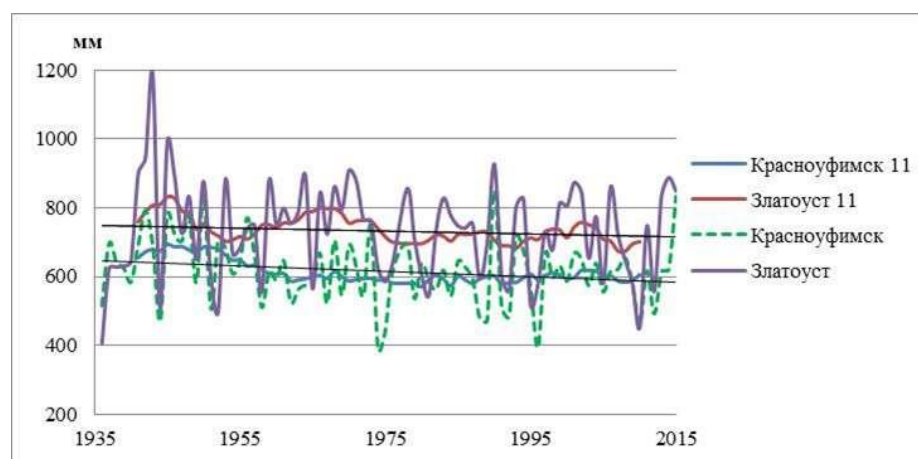


Рис. 2. Временные изменения годового количества осадков и их сглаженные 11-летние значения. Предуралье: Красноуфимск, Зауралье: Златоуст

Существенные различия во временных изменениях количества осадков наблюдаются при группировке данных по теплому (с мая по сентябрь) и холодному (с ноября по март) периодам (рис. 3, 4).

Так, в Чердыни в холодный период количество осадков весьма существенно возрастает, в тоже время в Красноуфимске оно снижается.

В Златоусте наиболее существенное уменьшение количества осадков в теплый период произошло в 30-е, 40-е годы (рис. 4).

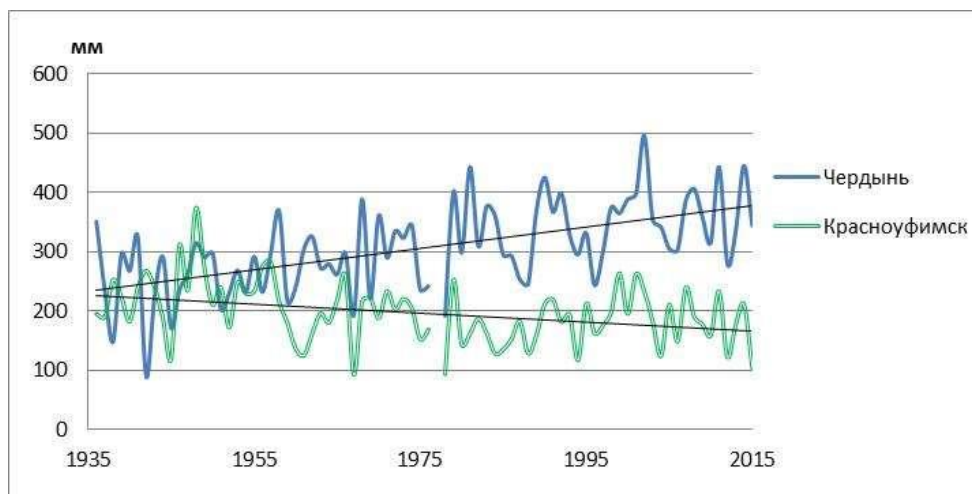


Рис. 3. Временные изменения количества осадков за холодный период

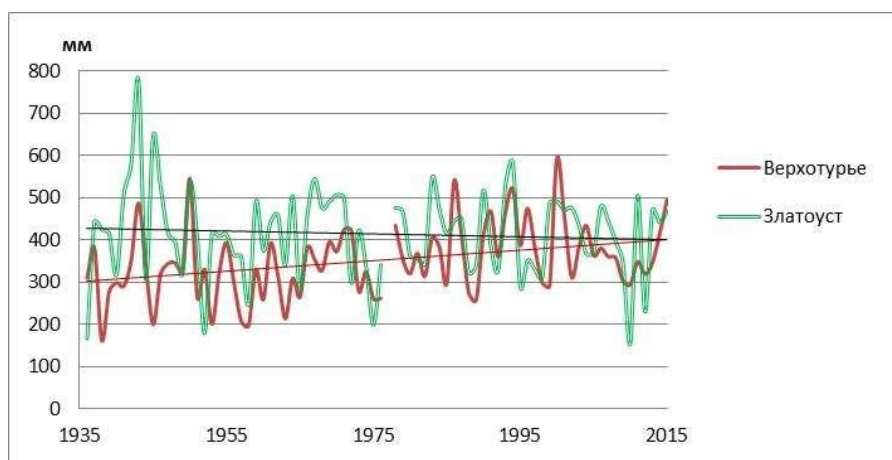


Рис. 4. Временные изменения количества осадков за теплый период

Количественные оценки временных изменений за различные периоды приведены в табл. 4.

Таблица 4

Временные изменения количества осадков за год, за теплый и холодный сезоны на Урале

Станции	Год				Теплый сезон				Холодный сезон			
	β	n=80	$Q_{\text{нор.}}$	%	β	n=80	$Q_{\text{нор.}}$	%	β	n=80	$Q_{\text{нор.}}$	%
Чердынь	3,12	246	811	30	0,98	77	362	21	1,79	141	313	45
Бисер	1,02	81	924	9	0,47	37	444	8	0,82	65	332	19
Пермь	1,98	156	680	23	0,95	75	347	22	0,77	61	228	27
Красноуфимск	-0,80	-63	594	-11	0,12	9	322	3	-	-60	181	-33
Янаул	1,15	90	558	16	0,36	29	296	10	0,67	53	172	31
Ивдель	1,65	130	548	24	1,01	80	331	24	0,30	24	136	18
Верхотурье	1,54	122	579	21	1,25	99	347	29	0,20	16	145	11
Туринск	1,76	139	521	27	0,64	50	315	16	0,87	69	133	52
Златоуст	-0,42	-33	748	-4	-0,35	-27	418	-7	-0,11	-9	213	-4
Троицк	0,32	25	439	6	-0,31	-25	255	10	-	44	122	36

Примечание. в таблице β – величина коэффициента тренда, мм/год; n– период, за который были выполнены оценки, что позволяет определить совокупные изменения сумм осад-

ков в мм; $Q_{\text{нор.}}$ – нормы осадков за период 1961–1990 г.; % – процент изменения количества осадков относительно нормы.

Как уже отмечалось, наиболее существенное увеличение годового количества осадков, около 30%, наблюдалось в Чердыни, а в холодный период – кроме Чердыни в Туринске и в Троицке и Красноуфимске.

Все это свидетельствует о сложных региональных процессах, приводящих к значительным временным изменениям режима осадков.

Библиографический список

1. Климат России / под ред. Н.В Кобышевой. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. 654 с.
2. Третий оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / под ред. В. М. Катцова.– СПб.: Научные технологии, 2022. – 676 с
3. Шкляев В.А., Шкляева Л.С. Изменения климатических характеристик, связанных с экстремальными температурами и осадками на Урале в XX веке // Географический вестник / Перм. ун-т. Пермь, 200. № 1 (5). С. 117-129.
4. <http://meteo.ru/data/>

УДК 556.5 (004.942)

А.Л. Энтин^{1,2}, Б.И. Гарцман^{1,3}, В.А. Паркина^{1,4}, В.Ф. Толкачёва¹, Е.А. Шекман⁵,
aentin@geogr.msu.ru

¹Институт водных проблем РАН, г. Москва, Россия

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

³Институт природно-технических систем, Севастополь, Россия

⁴ФГБУ «Гидроспецгеология», Москва, Россия

⁵Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЧНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗНЫХ ФУНКЦИЙ ИНИЦИИ

В работе представлены результаты реконструкции речных сетей на основе цифровых моделей рельефа (ЦМР) с использованием разных функций инициации. Используя специально разработанный инструментарий ArcPyStreamScape на базе ArcGIS Desktop, удалось установить, что для разных территорий удастся получить наиболее достоверные результаты реконструкции сети водотоков, используя различные функции инициации. Сформулировано предположение о том, что выбор функции инициации может определяться географическими особенностями территории.

Ключевые слова: цифровые модели рельефа (ЦМР), гидрологическое моделирование, речная сеть, функция инициации

B. I. Gartsman^{1,2}, V. A. Parkina^{1,3}, V. F. Tolkacheva¹, E.A. Shekman⁴, A.L. Entin^{1,5}, aen-
tin@geogr.msu.ru

¹Water Problems Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

²Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

³FSBI “Hydrospetzgeologiya”, Moscow, Russia

⁴Pacific Geographical Institute, Far-Eastern Branch, Russian Academy of Sciences
Vladivostok, Russia

⁵Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

DIGITAL ELEVATION MODEL-BASED RIVER NETWORK MODELLING WITH DIFFERENT INITIATION FUNCTIONS

The paper presents results of river network reconstruction based on digital elevation models (DEMs) performed with different initiation functions. Using a special toolset (ArcPyStreamScape), which utilizes ArcGIS Desktop capabilities, it is possible to establish that different territories require different initiation functions for reliable river network reconstruction, and it is possibly connected to a geographic feature of territories. An assumption was formulated that the choice of the initiation function can be determined by the geographical features of the territory.

Keywords: digital elevation model (DEM), hydrological modelling, river network, initiation function

Увеличение числа доступных данных о земной поверхности, включая цифровые модели рельефа (ЦМР) и покрытия климатических характеристик, вместе с развитием программного и аппаратного обеспечения вычислений обуславливают развитие структурно-гидрографического анализа речных систем [5]. Использование ЦМР, иногда вместе с дополнительными исходными данными, позволяет решать такие задачи, как определение положений тальвегов и водоразделов, их порядковая классификация, определение границ водосборных бассейнов и их характеристик; при этом достигается высокая степень автоматизации. В современном геоинформационном программном обеспечении (ПО), предназначенном для

анализа ЦМР, например, в ArcGIS Spatial Analyst, SAGA GIS или WhiteboxTools, как правило, реализованы базовые инструменты «гидрологического» моделирования, например расчёт направлений тока, вычисление водосборной площади или предварительная обработка ЦМР для приведения их к виду, пригодному для анализа.

Определение положений тальвегов или речной сети по ЦМР основывается на следующих операциях. Во-первых, на основе ЦМР получают модель направлений стока, где для каждой ячейки указывается кодированное направление. Эта модель является представлением так называемого дренажного графа, а искомая речная сеть может быть представлена как подграф этого графа, включающий вершины и рёбра от точек истоков до точки устья. Во-вторых, назначают положения точек истоков. Как правило, такие точки задаются на основе так называемых функций инициации — морфометрических параметров, получаемых на основе ЦМР. В общем виде функция инициации a выглядит следующим образом [7]:

$$a = \beta Q^m \Delta z^n$$

где Q — расход воды, Δz — крутизна склона в точке, β , m , n — некоторые коэффициенты, подбираемые калибровкой. Ячейка считается принадлежащей речной сети, если значение a в ней превышает некоторое критическое значение a_{crit} . В простейшем случае, т. е. в предположении, что осадки равномерно распределяются по водосбору, значения β и m равны 1, n равно 0, расход воды Q можно заместить величиной водосборной площади («аккумуляции потока») A — этот вариант функции инициации применяется наиболее часто.

Следует отметить, что при $n = 0$ значения функции инициации возрастают (или, по крайней мере, не убывают) при движении вниз по склону, тогда как при $n \neq 0$ возможно как возрастание, так и убывание функции инициации. Это означает, что отбор ячеек по пороговому значению функции инициации не позволит получить непрерывную модель речной сети. Впрочем, это ограничение нетрудно обойти, выполнив повторную трассировку потока от выбранных ячеек вниз по склону.

В работе [5] представлен набор инструментов ArcPyStreamScape для структурно-гидрографического анализа речных систем. Один из инструментов набора, *Stream Network Orders*, предназначен для определения положений речных сетей с использованием разных вариантов функции инициации. К настоящему времени реализованы следующие варианты функции инициации (выражение $(P - ET)$ обозначает слой климатического стока):

1. A (водосборная площадь);
2. $A \cdot (P - ET)$ (объём климатического стока);
3. $\sqrt{A \cdot \Delta z}$ (индекс напряжения сдвига по площади водосбора);
4. $\sqrt{A \cdot (P - ET) \Delta z}$ (индекс напряжения сдвига по объёму климатического стока);
5. $A \cdot \Delta z$ (индекс энергии рельефа по площади водосбора);
6. $A \cdot (P - ET) \cdot \Delta z$ (индекс энергии рельефа по объёму климатического стока, CEI

[2]).

Помимо перечисленных вариантов, в инструменте предусмотрена возможность использования ещё двух величин в качестве функции инициации: это средний врез и порядок сегмента полной дренажной сети. Средний врез бассейна H_c равен разности средней высоты водосбора каждой точки и её собственной высоты. Под полной дренажной сетью понимается сеть линий тока, включающая все ячейки ЦМР; порядок её сегмента H_c также может использоваться как критерий для реконструкции сети тальвегов. Кроме разных вариантов функции инициации, в инструменте реализованы некоторые вспомогательные операции, позволяющие получить «на выходе» векторное, топологическое корректное и семантически насыщенное представление речной сети.

Разработанный инструмент позволяет относительно просто использовать разные исходные данные и разные функции инициации для получения наиболее достоверного варианта реконструкции сети потенциальных водотоков. На практике чаще всего применяется

именно водосборная площадь (см. напр. [3, 4]), также из опыта предыдущих работ известно, что для речных систем Дальнего Востока более достоверные результаты получаются с использованием индекса энергии рельефа по объему климатического стока (п. 6 в списке выше) [2]. Вопрос о наиболее подходящей функции инициации требует исследования на территориях с разными климатическими условиями и разными типами рельефа.

В настоящей работе было проведено тестирование реконструкции речной сети с использованием разных функций инициации, расположенными в разных климатических зонах. Первая исследуемая территория — бассейн р. Белогорка (приток р. Усури), расположенный в горах Сихотэ-Алиня (рис. б). Второй участок — бассейн р. Псеуапсе на Черноморском побережье Кавказа (рис. г). Несмотря на некоторую схожесть рельефа, участки заметно различаются условиями увлажнения и гидрологическим режимом.

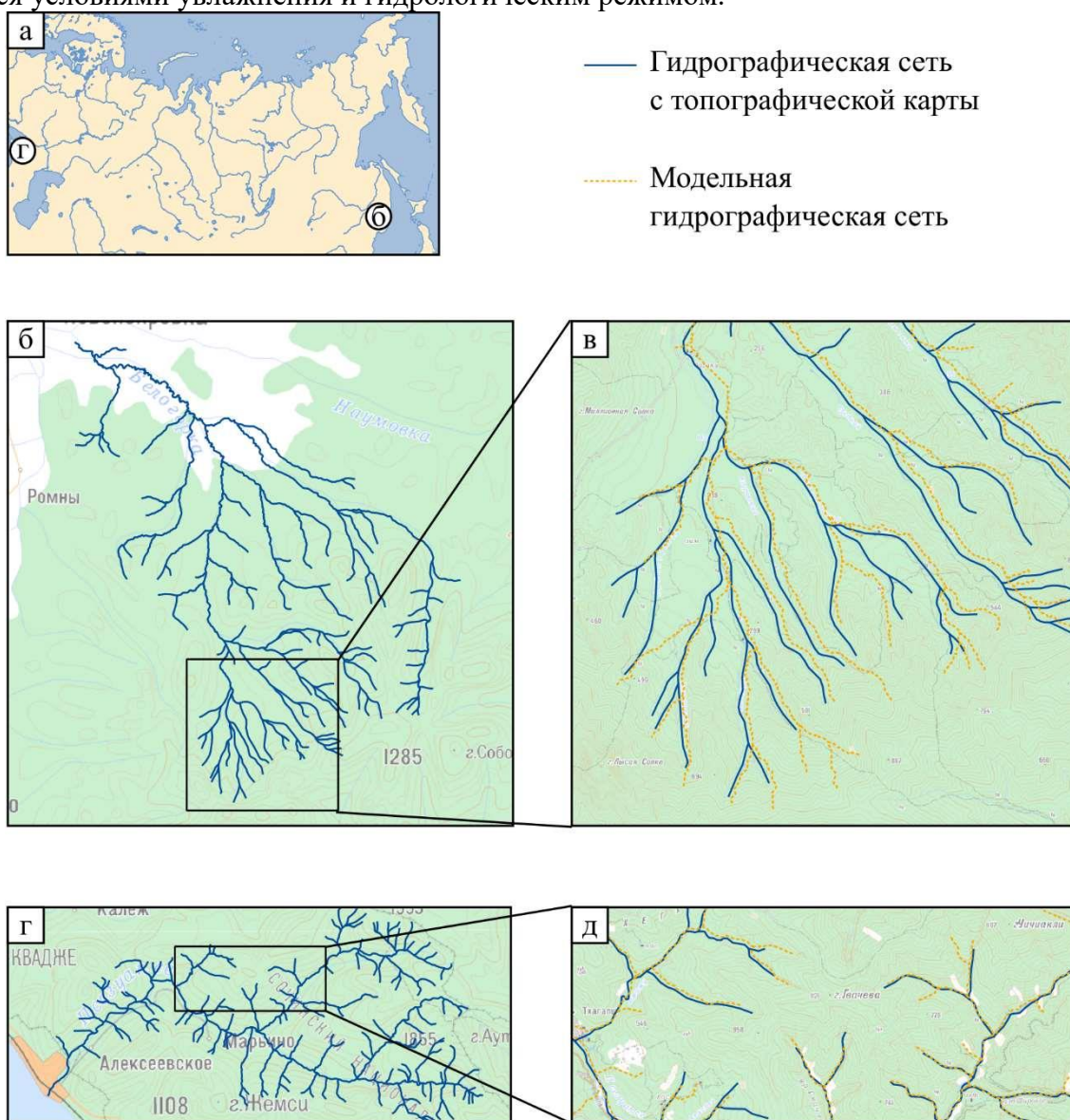


Рис. Положение тестовых участков (а), тестовый участок 1 (б), увеличенный фрагмент тестового участка 1 (в), тестовый участок 2 (г), увеличенный фрагмент тестового участка 2 (д).

Для обеих исследуемых территорий выполнено моделирование положений сегментов речной сети с использованием различных функций инициации. В качестве «базовой» ЦМР для моделирования выбрана FABDEM [6]; «эталонная» гидрографическая сеть для обоих участков получена с топографических карт масштаба 1:100 000. Для каждой функции инициации пороговое значение для моделирования было выбрано таким образом, чтобы число водотоков 1 порядка в модельной сети соответствовало числу водотоков 1 порядка в речной

сети, показанной на топографической карте. Далее для каждого результата была вычислена суммарная длина сегментов модельной сети; в качестве лучшего результата моделирования для территории принимался тот результат, в котором суммарная длина оказывалась наиболее близкой к фактической длине водотоков.

В результате вычислений установлено, что для участка 1 наилучший результат реконструкции удаётся получить с использованием индекса энергии рельефа по объёму климатического стока (*CEI*) при пороговом значении 82 000 м³, в то время как для участка 2 наиболее удачный результат получается при использовании простейшего индекса — водосборной площади *A* (пороговое значение 450 000 м²). В предположении, что критерии достоверности реконструкции сети выбраны надёжно, это может говорить о разных условиях формирования речной сети на двух выбранных участках, а также о том, что в разных условиях применимы разные функции инициации для восстановления гидрографической сети. Однако для подтверждения (или опровержения) этого предположения необходимо выполнить больше тестовых расчётов на территориях, отражающих разные географические условия.

Результаты проведённых вычислительных экспериментов дают свидетельство в пользу того, что применение разных функций инициации в задаче реконструкции сети потенциальных водотоков по ЦМР может определяться географическими особенностями территорий исследования. Подтверждение или опровержение этого предположения требует проведения большего числа тестов на большем числе участков.

Исследование выполнено в рамках Государственного задания Института водных проблем РАН (тема № FMWZ-2022-0001, гос. рег. номер 122041100222–7)

Библиографический список

1. Гарцман Б. И., Галанин А. А. Структурно-гидрографический и морфометрический анализ речных систем: теоретические аспекты // География и природные ресурсы. 2011. №3. С. 27-37. EDN: OCR CXB
2. Гарцман Б. И., Шекман Е. А. Возможности моделирования речной сети на основе ГИС-инструментария и цифровой модели рельефа // Метеорология и гидрология. 2016. № 1. С. 86-98. EDN: VECFYN
3. Погорелов А. В., Думит Ж. А. Рельеф бассейна р. Кубани: морфологический анализ. М.: ГЕОС, 2009. 206 с.
4. Пьянков С. В., Калинин В. Г. Метод вычисления линейных размеров раstra и порогового значения суммы направлений стока при построении гидрологически корректных ЦМР // Географический вестник. – 2017. – № 1(40). – С. 138-145. DOI: 10.17072/2079-7877-2017-1-138-145 EDN: YNB UVZ
5. Gartsman B. I., Entin A. L., Shekman E. A. Special Tools for Structural and Hydrographic Analysis of River Systems in the ArcMap Environment // Water resources. 2024. № 3 (51). P. 171-184. DOI: 10.1134/S0097807824700726 EDN: BPWJFF
6. Neal J., Hawker L.: FABDEM V1-2. 2023. DOI: 10.5523/bris.s5hqmjcdj8yo2ibzi9b4ew3sn
7. Rodriguez-Iturbe I., Rinaldo A. Fractal river basins: chance and self-organization Cambridge University Press, 1997. 547 p. УДК 556.552

А.Б. Китаев, О.В. Ларченко, kitaevab1953@gmail.com
*Пермский государственный национальный исследовательский университет,
г. Пермь, Россия*

КАЛИНИН ВИТАЛИЙ GERMANOVICH – УЧЕНЫЙ, ПЕДАГОГ, ЧЕЛОВЕК

Статья посвящена памяти заведующего кафедрой гидрологии и охраны водных ресурсов, доктора географических наук, профессора Виталия Германовича Калинина (1963–2024 гг.). В сообщении отмечены его основные достижения в научной, учебной и общественной деятельности в Пермском государственном университете.

Ключевые слова: водохранилище; цифровая география; зимняя сработка водоема; ледовый режим рек и водохранилищ; ГИС-технологии; математико-картографическое моделирование

A.B. Kitaev, O.V. Larchenko, kitaevab1953@gmail.com
Perm State University, Perm, Russia

KALININ VITALY GERMANOVICH – SCIENTIST, TEACHER, PERSON

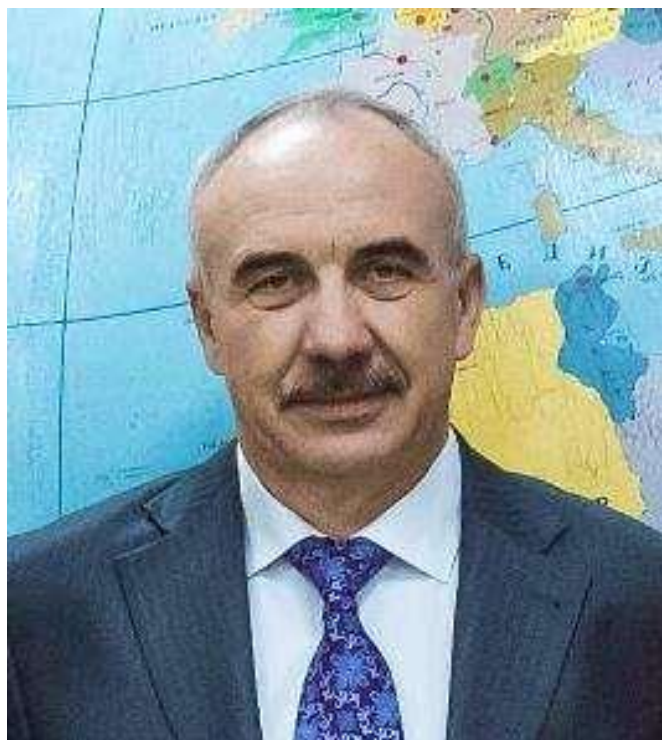
The article is dedicated to the memory of the Head of the Department of Hydrology and Water Resources Protection, Doctor of Geographical Sciences, Professor Vitaly Germanovich Kalinin (1963–2024). The report noted his main achievements in scientific, educational and social activities at Perm State University.

Keywords: reservoir; digital geography; winter drainage of the reservoir; ice regime of rivers and reservoirs; GIS technologies; mathematical and cartographic modeling

В последние десятилетия на кафедре гидрологии и охраны водных ресурсов ПГНИУ сформировалось и активно развивается новое научное направление «Формирование гидрологического режима рек и водохранилищ с применением геоинформационного моделирования и технологий». Автором и идейным вдохновителем этого направления стал доктор географических наук, профессор Виталий Германович Калинин, безвременно ушедший от нас 20 июня 2024 года. Настоящая статья посвящена его памяти.

Виталий Германович родился в Перми 4 мая 1963 г. После окончания школы в 1980 г. поступил на географический факультет Пермского государственного университета, который закончил в 1985 г., получив квалификацию «инженер-гидролог». После окончания вуза в течение 6 лет (1985–1991 гг.) работал в Пермском центре по гидрометеорологии. Получив большой опыт в области практической гидрологии и собрав материал по ледовым явлениям на Камском водохранилище, Виталий Германович перешел на работу в Пермский университет: сначала на кафедру физической географии и ландшафтной экологии, а в 2010 г. – на кафедру гидрологии и охраны водных ресурсов, которую в конце 2017 г. возглавил.

В 1993 году Виталий Германович защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата наук (научный руководитель – профессор Ю.М. Матарзин), а в 2010 г. – в стенах Института географии РАН (г. Москва) – доктора географических наук на тему «Формирование зимнего режима долинных водохранилищ» (научный консультант – профессор А.М. Комлев). Обе диссертации были защищены по специальности 25.00.27 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.



Доктор географических наук, заведующий кафедрой гидрологии и охраны водных ресурсов
Пермского государственного национального исследовательского университета

Калинин Виталий Германович

В.Г. Калинин – известный ученый. Им разработано новое научное направление: «Формирование гидрологического режима рек и водохранилищ с применением геоинформационного моделирования и технологий», в рамках которого предложены научно-методологические основы районирования долинных водохранилищ и изучения пространственной неоднородности формы их ложа; выявлены закономерности формирования характеристик гидрологического режима камских водохранилищ в соответствии с морфометрическими особенностями районов и участков.

Результаты его научной деятельности отражены в 240 публикациях, в том числе 4 монографиях, 8 учебно-методических пособиях, 4 свидетельств о государственной регистрации баз данных в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам.

Тематика научных исследований В.Г. Калинина – оценка особенностей ледового режима долинных водохранилищ, исследование их уровня в зимний период, изучение морфометрических показателей и районирование водохранилищ, оценка особенностей формирования донного рельефа водохранилищ, зимний сток рек водосборов искусственных водоемов отражена в 4 обобщающих монографиях.

В 2008 году вышла его первая монография «Ледовый режим рек и водохранилищ бассейна Верхней и Средней Камы» [1], в которой отражены основные закономерности формирования ледовых явлений в осенне-весенний периоды, а также нарастания и распределения площади льда. Полученные результаты имеют научный и практический интерес для прогнозирования сроков наступления ледовых фаз на реках и водохранилищах бассейна Верхней и Средней Камы. Предложенные автором подходы и методы нашли применение при исследовании ледового режима водных объектов в других регионах страны.

В 2010 году в соавторстве с С.В. Пьянковым опубликована монография «Применение геоинформационных технологий в гидрологических исследованиях» [2]. В ней авторами рассмотрены методические основы создания гидрологической ГИС на примере водосбора Воткинского водохранилища, особенности организации картографических и атрибутивных баз

данных и функциональные возможности ГИС. Показаны примеры использования гидрологических характеристик рек и их водосборов, определенных современными методами ГИС-технологий, в расчетах стока. Рассчитаны основные гидрографические характеристики рек и их бассейнов до створов гидрологических постов. Выполнены исследования влияния характера поверхности водосборов на сток рек. На основе цифровых моделей рельефа выявлены закономерности от предложенных коэффициентов расчлененности рельефа.

В 2011 году этим же авторским коллективом выпущена следующая монография «ГИС и математико-картографическое моделирование при исследовании водохранилищ (на примере камских)» [3]. В ней изложены методические основы создания гидрологической ГИС для Камского и Воткинского водохранилищ, разработаны методы использования математико-картографического моделирования при проведении гидрологических исследований. Представлены методы стохастического моделирования водохранилищ при понижении уровня воды. Приведены результаты решения гидрологических и экологических задач с использованием цифровых моделей рельефа дна разных участков водохранилищ.

В 2014 году вышла его четвертая монография «Водный режим камских водохранилищ и рек их водосборов в зимний период» [4], в которой отражены основные закономерности формирования водного режима рек и водохранилищ в зимний период. На основе результатов исследований нормы зимнего стока и его многолетней изменчивости предложены рекомендации по расчету стока неизученных и малоизученных рек. Исследованы размеры площадей и интенсивность обсыхания ледового покрова в результате зимней сработки камских водохранилищ в зависимости от морфометрических особенностей их отдельных участков. Полученные результаты необходимы для надежной и безопасной эксплуатации водных объектов с целью улучшения их использования для энергетики, водоснабжения, рыбного хозяйства.

В последние годы основной упор в его исследованиях был направлен на изучение пространственно-временных закономерностей процесса снеготаяния и формирования весеннего половодья с использованием геоинформационного моделирования (совместно с А.А. Шайдулиной). Важное практическое значение имеет внедрение результатов научных исследований в практику расчетов и прогнозов в Пермском центре по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Разработанная авторским коллективом кафедры геоинформационная модель дает возможность выполнять посуточный расчет снеготаяния на водосборе Камского водохранилища с учетом неравномерности пространственного распределения метеорологической информации и особенностей подстилающей поверхности. Для условий Камского и Воткинского водохранилищ разработаны методики краткосрочных прогнозов сроков появления ледяных образований и сроков вскрытия ледяного покрова, которые с успехом используются для обеспечения бесперебойной работы водопользователей и водопотребителей.

Многочисленные исследования в виде научных проектов, выполненные под руководством В.Г. Калинина, поддержаны 7 грантами РФФИ (2002–2005 гг.; 2004–2006 гг. – 2 гранта; 2007–2009 гг. – 2 гранта; 2013–2015 гг.; 2019 г.).

Виталий Германович неоднократно принимал участие в различных научных форумах, проходивших в Перми, Москве, Санкт-Петербурге, Челябинске, Краснодаре, Томске, Барнауле, Хабаровске, Калининграде, Одессе и др. В 2019, 2021 и 2023 годах он являлся руководителем Всероссийских научно-практических конференций с международным участием «Современные проблемы водохранилищ и их водосборов». Калинин В.Г. является автором ряда статей в центральных журналах, таких как «Метеорология и гидрология», «Водные ресурсы», «Водное хозяйство России», «Геоморфология», «Известия РАН. Серия географическая», «Приволжский научный журнал», «Лед и снег».

Под руководством Виталия Германовича в 2007 г. в диссертационном совете Пермского государственного университета К.Д. Миковой была успешно защищена кандидатская диссертация по ледовому режиму Воткинского водохранилища, в 2023 г. А.А. Шайдулиной в диссертационном совете Института географии РАН (г. Москва) защищена диссертация по вопросам снеготаяния на территории Пермского края.

Виталий Германович на протяжении многих лет являлся членом диссертационного совета Д 212.189.10, представляющий специальность 25.00.30 «метеорология, климатология, агрометеорология» (географические науки) при ПГНИУ; экспертом Российского фонда фундаментальных исследований; членом редакционной коллегии научного журнала «Географический вестник» ПГНИУ и «Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле»; членом Научно-технического Совета Камского бассейнового водного управления.

Калинин В.Г. принимал участие в международных научных стажировках: «Инновационные технологии Leica Geosystems AG в области сбора, анализа и управления геопространственными данными. Обмен опытом с ведущими Университетами Европы» (Швейцария, 2011 г.); «Инновационные решения HexagonGeosystems в геодезии и маркшейдерии» (Германия, 2014 г.).

За успешную научную и преподавательскую деятельность Виталий Германович награжден Почетной грамотой Министерства образования и науки РФ (2020 г.) и Почетными грамотами Пермского университета (2011, 2013, 2023 гг.).

Коллектив кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов, географический факультет ПГНИУ, ученики Виталия Германовича будут помнить его как выдающегося ученого, талантливого педагога и замечательного человека.

Библиографический список

1. Калинин В.Г. Ледовый режим рек и водохранилищ бассейна Верхней и Средней Камы. Пермь, 2008. 252 с. ISBN: 978-5-7944-1215-4 EDN: SXACAV
2. Калинин В.Г., Пьянков С.В. Применение геоинформационных технологий в гидрологических исследованиях: монография. Пермь: Изд-во ООО «Алекс-Пресс», 2010. 217 с. ISBN: 978-5-7944-1425-7 EDN: SWZWLV
3. Пьянков С.В., Калинин В.Г. ГИС и математико-картографическое моделирование при исследовании водохранилищ (на примере камских): монография. Пермь: Изд-во ООО «Алекс-Пресс», 2011. 158 с. ISBN: 978-5-7944-1429-5 EDN: SDAKSP
4. Калинин В.Г. Водный режим камских водохранилищ и рек их водосбора в зимний сезон: монография. Пермь, 2014. 184 с. ISBN: 978-5-7944-1752-4 EDN: SXACFV

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ

УДК 504.064:528.8

И.Ф. Абдулманова, Л.С. Кучин, a.ir-flora@mail.ru

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,
г. Пермь, Россия*

ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ И ФИТОИНДИКАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ УРОВНЕМ БОГАТСТВА ПОЧВ ЭЛЕМЕНТАМИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ И РЕАКЦИЕЙ ЭКОСИСТЕМ НА ЗАСУХУ

В сообщении представлен опыт применения вегетационных индексов и метода фитоиндикации для определения взаимосвязи между уровнем богатства почв элементами минерального питания и реакцией лесостепных экосистем на засушливые условия 2023 г. Исследование проведено на северо-востоке Кунгурской лесостепи. Оценка осуществлялась на основе индексов NDVI и NDRE полученным по данным съемки с Sentinel-2 и экологическим шкалам Г. Элленберга и Е. Ландольта.

Ключевые слова: NDRE, NDVI, Sentinel-2, фитоиндикация

I. Abdulmanova, L. Kuchin, a.ir-flora@mail.ru

Perm State University, Perm, Russia

APPLICATION OF REMOTE AND PHYTOINDICATION METHODS TO DETERMINE THE RELATIONSHIP BETWEEN THE LEVEL OF SOIL RICHNESS IN MINERAL NUTRITION ELEMENTS AND THE RESPONSE OF ECOSYSTEMS TO DROUGHT

The report presents the experience of using vegetation indices and the phytoindication method to determine the relationship between the level of soil richness in mineral nutrients and the response of forest-steppe ecosystems to drought conditions in 2023. The study was conducted in the northeast of the Kungur forest-steppe. The assessment was carried out on the basis of the NDVI and NDRE indices obtained from Sentinel-2 survey data and the ecological scales of G. Ellenberg and E. Landolt.

Keywords: NDRE, NDVI, Sentinel-2, phytoindication

Определение уровня обеспеченности растений элементами питания является важной частью оценки состояния экосистем как природных, так и антропогенно-трансформированных. Предполагается, что применение данных дистанционного зондирования позволит оптимизировать проведение оценки уровня богатства почвы элементами минерального питания и его влияния на реакцию лесостепных экосистем на засуху. Актуальность и практическая значимость исследования обусловлена возможностью использования выявленных взаимосвязей для труднодоступных районов и на больших площадях.

Исследование, основанное на сочетании дистанционных и фитоиндикационных методов, проведено на особо охраняемой природной территории регионального значения «Шлюпинский камень», расположенной на юго-востоке Пермского края, на северо-восточной окраине Кунгурской лесостепи. Кунгурская лесостепь зонально находится в полосе хвойно-широколиственных лесов. Зональные экосистемы представлены здесь лишь на холмах. Основной фон составляют экосистемы осиново-березовых неморальнотравяных лесов. Встречаются специфичные для данного природного района березовые и сосновые леса. Камени-

стые степи сформировались на известняковых и гипсовых обнажениях. Луговые степи занимают склоны и возвышенные участки [1].

Климат обследованной территории умеренно континентальный. Климатические условия характеризуются среднегодовой температурой $+2,8^{\circ}\text{C}$. Среднегодовая величина осадков составляет 552 мм. Устойчивый снежный покров сохраняется в течение 160–165 дней. Высота снежного покрова составляет 40–60 см [2]. Сопоставление климатических характеристик 2022 и 2023 г. с климатической нормой, рассчитанной за период 1991–2020 гг. по данным наблюдений ближайшей метеостанции – «Кунгур» (код 28326) Пермского ЦГМС – филиала ФГБУ «Уральское УГМС», показало, что среднегодовая температура в 2022 г. была выше на $0,5^{\circ}\text{C}$ климатической нормы, а в 2023 г. на $1,5^{\circ}\text{C}$, тогда как годовая сумма осадков оказалась меньше на 58 и 96 мм соответственно.

Дешифрирование экосистем осуществлялось на основе ортофотоплана, полученного в ходе съемки с БПЛА DJI Phantom 4 за 27 июля 2023 г., и данных наземных описаний растительности.

Геоботанические описания проведены по общепринятым методикам в июне 2022 г. Фитоиндикационный анализ осуществлен по шкалам Г. Элленберга и Е. Ландольта в программе EcoScaleWin [3].

Мультиспектральные индексы строились в программе ArcMap с применением инструмента «Калькулятор растра». Процесс построения растров с индексами осуществлялся на основе синтеза каналов, полученных по данным съемки космического спутника Sentinel-2 [7] за 24 июля 2022 г. и 29 июля 2023 г. Средние значения растров с индексами NDRE и NDVI вычислялись по полученным в ходе дешифрирования ортофотоплана полигонам границ экосистем.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – один из наиболее широко используемых мультиспектральных индексов, отображающий качество биопродуктивности растений. Принцип его работы основан на соотношении красного и ближнего инфракрасного спектральных диапазонов [5].

NDRE (Normalized difference red edge index) – мультиспектральный индекс, ориентированный на определение достаточности азота в листьях за счет измерения активности фотосинтеза. Отличительной особенностью NDRE от NDVI является применение диапазона Red Edge (красный край) [6], который обладает более высокой яркостью излучения и проходит в листья глубже, чем излучение красного диапазона, что позволяет получить более точную оценку в областях, где значения NDVI постоянно равны +1 [4].

На обследованной территории выделены 6 типов экосистем: каменистая степь, разнотравно-ковыльная степь, ковыльно-разнотравный луг, березово-сосновое редколесье, пойменный разнотравно-злаковый луг, березово-лиственнично-сосновый луговотравяной лес.

Средние значения NDVI, NDRE и уровень богатства почвы элементами минерального питания в экосистемах согласно экологическим шкалам Элленберга и Ландольта для выделенных экосистем представлены на рис.

Показатель уровня богатства почвы элементами минерального питания, вычисленный по шкале Элленберга повышается в ряду каменистая степь – березово-сосновое редколесье – разнотравно-ковыльная степь – ковыльно-разнотравный луг – пойменный разнотравно-злаковый луг – березово-лиственнично-сосновый луговотравяной лес.

Показатель уровня богатства почвы элементами минерального питания, определенный по шкале Ландольта повышается в ряду каменистая степь – березово-сосновое редколесье – разнотравно-ковыльная степь – березово-лиственнично-сосновый луговотравяной лес – ковыльно-разнотравный луг – пойменный разнотравно-злаковый луг.

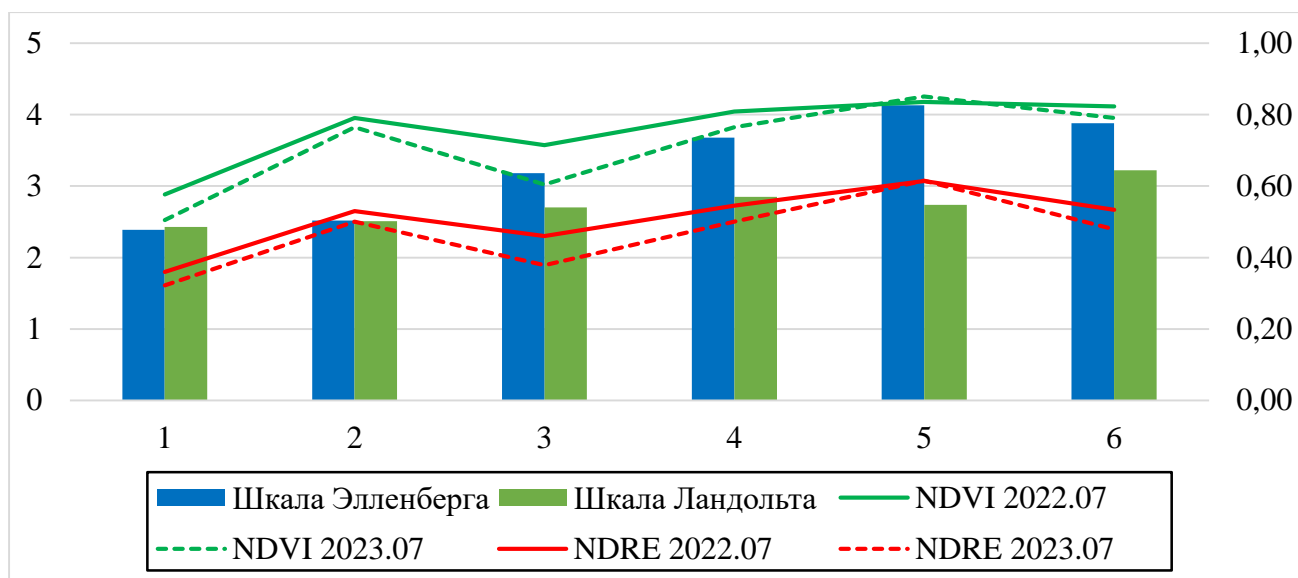


Рис. Средние значения NDVI, NDRE и уровень богатства почвы элементами минерального питания согласно экологическим шкалам Элленберга и Ландольта

Где: 1 – Каменистая степь; 2 – Березово-сосновое редколесье; 3 – Разнотравно-ковыльная степь; 4 – Ковыльно-разнотравный луг; 5 – Березово-лиственнично-сосновый луговотравяной лес; 6 – Пойменный разнотравно-злаковый луг.

Максимальные значения мультиспектральных индексов присущи березово-лиственнично-сосновому луговотравяному лесу, поскольку древесные сообщества, как правило, характеризуются более высокими значениями, чем травяные. По этой же причине высокие значения мультиспектральных индексов были отмечены для березово-соснового редколесья, несмотря на то, что по экологическим характеристикам фитоценоза (требованию слагающих его растений к уровню обеспеченности элементами минерального питания) экосистема близка к каменистой степи. Каменистая степь и разнотравно-ковыльная степи характеризуются наиболее низкими значениями мультиспектральных индексов, что может быть обусловлено, как более быстрым прохождением сезонного цикла развития степных растений и замедлением их вегетационной активности ко второй половине июля, так и более низким суммарным проективным покрытием растений в фитоценозах, сформировавшихся в сухих местах обитания.

В более теплом и сухом 2023 г. были зафиксированы более низкие, чем в 2022 г., значения индексов по всем экосистемам, кроме березово-лиственнично-соснового луговотравяного леса, что вероятно обусловлено более мощной корневой системой древесных растений, позволяющей деревьям меньше испытывать угнетающее воздействие засухи. Наиболее выраженную реакцию на засуху проявили открытые (без древесной растительности) экосистемы, в фитоценозах которых значительна доля степных видов – каменистая степь, разнотравно-ковыльная степь, ковыльно-разнотравный луг.

При росте средних значений NDVI наблюдается рост средних значений NDRE. Однако, для NDRE отмечена более выраженная разница между значениями открытых экосистем и сомкнутого лесного сообщества.

Значения NDRE менее выражено характеризуют реакцию экосистем на засуху, что может быть связано с применением при синтезе NDRE диапазона Red Edge. Исключением является более резкое, чем у NDVI, снижение значений в засушливый год для пойменного разнотравно-злакового луга, характеризующегося высоким уровнем богатства почвы элементами минерального питания.

Таблица

Зависимость* между значениями мультиспектральных индексов и экологических шкал

	NDVI 2022.07	NDVI 2023.07	NDRE 2022.07	NDRE 2023.07
Шкала Элленберга	0,75	0,72	0,76	0,69
Шкала Ландольта	0,63	0,55	0,48	0,35

*Примечание: степень связи: от 0 до + 0,299 – слабая; от + 0,3 до + 0,69 – средняя; от +0,7 до +1 – сильная.

Проведенный корреляционный анализ (табл.) показал, что значения NDVI и NDRE имеют прямую зависимость с характеристиками уровня богатства почв элементами минерального питания, полученными с использованием экологических шкал. При этом наиболее сильная корреляционная связь наблюдается с данными, полученными по шкале Элленберга. Корреляционная связь значений мультиспектральных индексов с данными, полученными по шкале Ландольта, средняя. Наблюдается понижение уровня корреляционной связи между мультиспектральными индексами и экологическими шкалами в засушливый год.

Таким образом, древесные сообщества, как правило, характеризуются более высокими значениями мультиспектральных индексов, чем травяные, в особенности степные. Установлена прямая зависимость между значениями вегетационных индексов и уровнем богатства почвы элементами минерального питания, которая снижается в засушливый период.

В засушливом 2023 г. были зафиксированы более низкие, чем в 2022 г., значения индексов по всем экосистемам, кроме сомкнутого лесного сообщества. Наиболее выраженную реакцию на засуху проявили экосистемы, в фитоценозах которых значительна доля степных видов – каменистая степь, разнотравно-ковыльная степь, ковыльно-разнотравный луг. Также, для NDRE отмечена более выраженная разница между значениями открытых экосистем и сомкнутого лесного сообщества. Данные особенности могут позволить более точно дифференцировать степные и остепненные луговые сообщества и повысить качество автоматической классификации фитоценозов Кунгурской лесостепи.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда и Пермского края № 24-17-20025, <https://rscf.ru/project/24-17-20025/>

Библиографический список

1. Атлас особо охраняемых природных территорий Пермского края / под ред. С.А. Бузмакова. Пермь: Астер, 2017. 512 с.
2. Атлас Пермского края / Под общей редакцией А.М. Тартаковского. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2012. 124 с.
3. Зубкова Е.В., Ханина Л.Г., Грохлина Т.И., Дорогова Ю.А. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWin: учебное пособие. Йошкар-Ола: МарГУ, 2008. 96 с. ISBN: 978-5-94808-390-2 EDN: OEFYKD
4. Каплин В.Г., Чичкова Е.Ф., Грядунов Д.А., Кочин Д.А. Дистанционные методы мониторинга продуктивности посевов озимой тритикале в лесостепи Среднего Поволжья // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2022. № 2. С. 61-72. EDN: WVRPFF
5. Al-Jabri K, Al-Mulla Y, Melgani F, Stefanakis A. Remote Sensing Analysis for Vegetation Assessment of a Large-Scale Constructed Wetland Treating Produced Water Polluted with Oil Hydrocarbons // Remote Sensing. 2023. 15(24):5632. DOI: 10.3390/rs15245632 EDN: ERWLQE
6. Naguib N., Daliman Shaparas. Analysis of NDVI and NDRE Indices Using Satellite Images for Crop Identification at Kelantan // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. 1102. 012054. DOI: 10.1088/1755-1315/1102/1/012054 EDN: AJGCUO
7. Sentinel Hub EO Browser [Электронный ресурс]. URL: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/> (дата обращения 20.08.2024).

С.А. Бузмаков, Е.А. Дзюба, Д.О. Егорова, И.Ф. Абдулманова

Л.С. Кучин, Ю.В. Хотяновская, aea_eco@mail.ru

*Пермский государственный национальный исследовательский университет
г. Пермь, Россия*

ПРОГРАММА ПО СОЗДАНИЮ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В КАРСТОВОМ РАЙОНЕ И ВОДНО-БОЛОТНОМ КОМПЛЕКСЕ

В статье описана основная проблематика и перспективная программа для создания геоинформационной системы, которая предназначена для обеспечения экологической безопасности на территории эксплуатируемого месторождения углеводородов в карстовом районе и водно-болотном комплексе. Приводится программа, включающая в себя комплексные полевые и лабораторные исследования, а так же применение ГИС-технологий. Особое место уделяется применению беспилотных летательных аппаратов и данных дистанционного зондирования Земли.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, биотестирование, микробоценоз геохимия почв, геоэкология, депонирование углерода, дистанционное зондирование Земли, карст, сукцессия, техногенез, углеводороды, экологическая безопасность, экологическая оценка, прогноз

S.A. Buzmakov, E.A. Dziuba, D.O. Egorova, I.F. Abdulmanova

L.S. Kuchin, Yu.V. Khotyanovskaya

Perm State University, Perm, Russia

PROGRAM FOR THE CREATION OF A GEOINFORMATION SYSTEM TO ENSURING ENVIRONMENTAL SAFETY IN THE TERRITORY OF AN EXPLOITED HYDROCARBON DEPOSIT IN A KARST AREA AND A WET-MARSH COMPLEX

The article describes the main problems and a promising program for creating a geoinformation system, which is designed to ensure environmental safety in the territory of an exploited hydrocarbon deposit in a karst region and a wetland complex. A program is presented that includes complex field and laboratory studies, as well as the use of GIS technologies. Special attention is paid to the use of unmanned aerial vehicles and Earth remote sensing data.

Keywords: unmanned aerial vehicle, biotesting, microbiocenosis soil geochemistry, geocology, carbon sequestration, remote sensing of the Earth, karst, succession, technogenesis, hydrocarbons, environmental Safety, environmental assessment, forecast

Устойчивое развитие региона обеспечивается в значительной мере соблюдением экологической безопасности при добыче углеводородов. Создание эффективной ГИС-модели для обеспечения экологической безопасности при добыче углеводородов остается существенной целью геоэкологических исследований. Геоинформационные технологии обеспечивают: сбор пространственных данных, их обработку, отображение в едином пространстве, интеграцию данных и знаний о территории для анализа, моделирования, прогнозирования, управления сохранением целостности окружающей среды [7]. Прикладная значимость ГИС для отрасли добычи, транспортировки и переработки нефти и нефтепродуктов заключается в мониторинге объектов и ближайшей зоны моделирования угроз разлива нефти и нефтепродуктов, предупреждении возможных чрезвычайных ситуаций [22]. Как правило, в основу ГИС для оценки состояния окружающей среды включают данные дистанционного зондиро-

вания Земли, в первую очередь снимки со спутников и цифровой модели рельефа [9]. Наиболее полно проработан метод определения последствий нефтедобычи на окружающую среду по данным ДЗЗ в видимом спектре. Однако, видимый спектр не позволяет полностью оценить всего комплекса техногенных процессов, возникающих при добыче нефти. Основными видами техногенной трансформации, дешифрируемыми в видимом спектре, считают инфраструктуру месторождений [15] и поверхностные разливы нефти [27].

Основная проблема при загрязнении нефтью – развитие «битумогенеза», т.е. образование на поверхности торфа битумной корки, блокирующей произрастание растительности. Применяемое при ремедиации искусственное окисление нефти часто бывает малоэффективным в силу различных причин, в том числе из-за токсического действия компонентов нефти (тяжелых металлов и других веществ), попадающих на поверхность вблизи мест нефтедобычи [3]. При этом увеличивается биологическая доступность ряда тяжелых металлов [23].

Поверхностные разливы нефти являются малой частью процессов битумизации и га-логенеза, которые происходят при эксплуатации месторождений нефти, что делает использование видимого спектра полезным, но не полноценным дистанционным методом для выявления процессов битумизации. Для повышения полноты оценки воздействия добычи нефти все чаще используют комплекс данных ДЗЗ [6]. Как в России, так и за рубежом предлагается использовать комплекс видимого спектра с различными вегетационными индексами.

На данный момент большинство исследователей останавливаются на комплексном зондировании Земли из космоса или при помощи БПЛА. Преимуществом использования данных с космических спутников является возможность оценки хронологии изменений, поскольку доступны данные за значительные промежутки времени, что позволяет прогнозировать динамику техногенной трансформации [14]. БПЛА, в свою очередь, обладая более высоким пространственным разрешением снимков позволяют более подробно оценить степень техногенного воздействия [28]. Однако для изучения, выявления и предупреждения техногенных процессов, связанных с добычей нефти необходим не только комплекс данных ДЗЗ, полученных с космических спутников и БПЛА, но и активное использование комплекса ДЗЗ вместе с геоинформационными, геохимическими и геоботаническими методами. Подобное сочетание методов должно существенно улучшить пространственно-динамические возможности изучения техногенных процессов [2].

Преимуществом ГИС является возможность работы с базами пространственных данных, поэтому ГИС позволяют очень полно оценивать и прогнозировать пространственные изменения. Оптимальным и широко распространенным локальным методом интерполяции (нахождения неизвестных точек по функциональной зависимости) является кригинг. Этот метод легко модифицируется и его можно использовать для интерполяции данных любого типа. Он объединяет целое семейство линейных регрессионных алгоритмов: простой, стандартный, универсальный, блочный кригинг и ко-кригинг. Кригинг используется для различных задач: от поиска неоднородностей в распределении органического углерода до анализа качества воды и предсказания уровня никеля в почве [8]. Для создания прогностических карт загрязнения используют алгоритмы RF и SVMr, однако применяются они в основном для прогнозирования распределения загрязняющих веществ в почве [5].

Особенно это важно для водно-болотных комплексов, которые, как правило, являются районами с уязвимой природной средой, депонируют углерод, регулируют водный баланс. Еще более существенными представляются техногенные процессы в карстовых массивах, достигнуть герметичность добычи нефти здесь особенно трудно. Строение недр предрасполагает к аккумуляции углеводородов в карстовых полостях, к формированию вторичного техногенного ареала аккумуляции нефти.

В Пермском крае выделяют несколько источников заполнения карстовых полостей нефтью: аварийные разливы нефти на поверхности с последующим стоком углеводородной жидкости в карстовые воронки, захоронение отходов в виде слива нефтепродуктов и сточных вод в карстовые воронки [10, 11, 16, 17, 18]. Крупным источником поступления нефти в зону открытого карста является подъем пластовой жидкости по трещинам в горных породах

из нефтяной залежи при повышении давления в пласте, а также при разгерметизации обсадных колонн в скважинах [19].

Установлено, что районы развития карстовых образований и присущие им водотоки обладают спецификой, способствующей более интенсивному распространению загрязнения [25, 26]. Доказано, что в случае нефтяного загрязнения ситуация усложняется меняющимся в ходе миграции составом компонентов нефти, растворимостью и адгезией к породам [20]. Районы развития карста отличаются существенным снижением степенью защищенности подземной гидросферы [12] и имеют ряд особенностей, которые создают особые условия для распространения нефтяного загрязнения. Зона аэрации в таких районах отличается крайне высокой проницаемостью из-за значительной трещиноватости, наличия поноров, воронок, котловин и других карстовых форм. Пустотность массива может достигать 30% и более. Поверхностный сток и, соответственно, загрязнители в таких случаях практически беспрепятственно инфильтруются в массив, загрязняя подземные воды. При значительных утечках нефти трещиноватые зоны и полости могут являться коллекторами нефти и способствовать формированию своеобразных техногенных месторождений. При отсутствии покровных отложений, роль которых в предотвращении загрязнения подземных вод весьма высока, атмосферные осадки, а также проливы, разливы, в том числе нефти практически беспрепятственно поглощаются поверхностными карстовыми формами [13].

Выделяются элементы, содержание которых обусловлено именно нефтяным загрязнением. В данном случае достаточно универсальным для всех природных зон считается Sr [24], а также говорят о загрязнении почв V, Ni, Cr, As, Ti [1, 3] (условно к ним добавляют Pb и Zn). При оценке распространения загрязнения вокруг месторождения актуальным является содержание Zn и Pb [4]. Ni и Cd относят к металлам, которые присутствуют в составе нефти, а значит, являются важными для мониторинга нефтезагрязненных территорий [21].

Своевременное, раннее установление техногенных проявлений возможно на основе применения дистанционного зондирования, беспилотных летательных аппаратов для сплошного обследования всей территории месторождения и подробного локального обследования ареалов проявлений техногенеза мультиспектральной съемкой, прямыми почвенными и геоботаническими обследованиями. Современный уровень развития аэрофотосъемки на базе БПЛА, способствует их применению для дистанционного зондирования территории и акватории, позволяет фиксировать техногенные процессы. Биотестирование может моделировать влияние техногенеза на природные объекты, определять количественные критерии допустимого воздействия.

Интегрируя через геоинформационные технологии и программы результаты пространственно-временных наблюдений, локальные экологические оценки по геохимическим данным и результатам биотестирования становится возможным определять текущую экологическую ситуацию и прогнозировать будущую обстановку на территории нефтяных месторождений и окружающей природной среды. Изучение почвенных параметров, аборигенной растительности и микробных сообществ дает возможность прогнозировать мероприятия по восстановлению биогеоценозов. В результате формируется единая ГИС как комплекс геоэкологических наблюдений, оценок и прогнозов.

Обеспечение экологической безопасности при эксплуатации месторождения углеводородов включает в себя положения: о рациональном использовании ресурсов природной среды и, соответственно, об отсутствии загрязнений в окружающей нефтепромысловой среде, сохранении объектов природной среды; восстановлении природной среды, в случае, если ущерб предотвратить не получилось. На территории нефтепромыслов в карстовых районах развиваются процессы техногенеза: галогенез в водотоках и почвах; битумизация, которая выражается в загрязнении углеводородами и продуктами их разложения водных объектов, донных осадков, грунтов, почв, загрязнении воздуха.

В качестве объектов исследования предполагается использовать территории Кокуйского (карстовый район) и Озерного месторождения (водно-болотный комплекс) Техногенные галогенез и битумизация хорошо выражены в водосборном бассейне реки Каменки.

Формирование ГИС основывается на прямых наблюдениях территории месторождений, дистанционном зондировании с помощью БПЛА и космических снимков. Впервые будут получены данные о техногенных процессах на территории добычи углеводородов в лесостепных и болотных экосистемах с применением аэрофотосъемки (БПЛА) с получением методики по раннему обнаружению проявлений техногенных процессов (битумизации и галогенеза). Применение данной методики будет возможным для оценки степени техногенеза и разработки мероприятий по охране окружающей среды на аналогичных месторождениях.

Методами беспилотной мультиспектральной съемки впервые будут изучены ареалы вторичной техногенной аккумуляции углеводородов в карстовом массиве и водно-болотном комплексе.

По результатам дешифрирования составим информационную базу признаков деградации фитоценозов, определяемых методами дистанционного зондирования, в том числе по изменению фотосинтеза, изменению индексов типа NDVI. Полученные данные дадут новые представления об аллогенных сукцессиях растительного покрова, новые методы их диагностики. Полученные результаты позволят повысить эффективность мониторинга состояния и динамики природной среды в ходе эксплуатации нефтяных месторождений, необходимого для обеспечения экологической безопасности региона.

В ходе экспериментов по биотестированию получим количественные закономерности и уровни воздействия нефтепродуктов (остаточной нефти) и техногенных рассолов на экосистемы. Это позволит оценить устойчивость почв, растений, микробоценозов к загрязнению для разработки природоподобных технологий по восстановлению природной среды, а также для оценки возможностей депонирования углерода на территориях месторождений.

Методами томографии и электроннозондовой микроскопии определим особенности депонирования гумуса и углерода в карсте, почвогрунтах степи и торфе водно-болотного комплекса. Структура почвогрунтов, фитоценоза, корневой системы обеспечивают наилучшее в регионе накопление гумуса, углерода, а также длительную устойчивость реликтовых экосистем к изменениям климата. Предполагается разработать основы природоподобных способов ремедиации нарушенных земель в условиях адаптации к изменению климата.

Изучение состава микробиоценозов на территориях, подвергнутых хроническому нефтяному загрязнению позволят проводить оценку состояния нефтезагрязненной территории, выявлять ареалы вторичной аккумуляции техногенных углеводородов, определяют выбор оптимальных методов восстановления почв.

В заключение, стоит сказать, что для наиболее грамотного обеспечения экологической безопасности на территории углеводородного месторождения в карстовых районах и водно-болотном комплексе необходимо применения комплекса дистанционных, полевых и лабораторных методов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда и Пермского края № 24-17-20025, <https://rscf.ru/project/24-17-20025/>

Библиографический список

1. Бачурин Б.А. Эколого-геохимическая оценка продуктов деградации нефти в условиях гипергенеза// Антропогенная трансформация природной среды. №5, 2019. С.8-14. EDN: VRSJDH
2. Бузмаков С.А. Применение беспилотной аэрофотосъемки для диагностики техногенной трансформации природной среды при эксплуатации нефтяного месторождения / С. А. Бузмаков, П. Ю. Санников, Л. С. Кучин [и др.] // Записки Горного института. – 2023. – Т. 260. – С. 180-193. DOI: 10.31897/PMI.2023.22 EDN: OYQTDS
3. Водяницкий Ю.Н. Современные тенденции загрязнения почв тяжелыми металлами // Агрохимия.2013. № 9. С. 88-96. EDN: RBDUNZ

4. Гамм Т.А., Гамм А.А. Исследование закономерностей распространения от источника загрязнения тяжелых металлов и нефтепродуктов на месторождении нефти. Наука и мир. 2015. № 2-1(18). С. 109-112. EDN: TIPOAN
5. Гиниятуллин К.Г., Сахабиев И.А., Смирнова Е.В., Уразметов И.А., Окунев Р.В., Гордеева К.А. Цифровое картографирование показателей, определяющих сорбционные свойства почв по отношению к поллютантам, по данным дистанционного зондирования земли с применением машинного обучения // Георесурсы. 2022. №1. С. 84-92. DOI: 10.18599/grs.2022.1.8 EDN: DJLPYH
6. Гулиев А.Ш., Хлебникова Т.А. Выявление мест нефтезагрязнений шельфовой зоны по материалам космических съемок (на примере акватории нефтяных Камней (Каспий)) // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2019. №3. С. 52-64. DOI: 10.33764/2411-1759-2019-24-3-52-64 EDN: HZQJQK
7. Долгополов Д.В., Мелкий В.А., Верхотуров А.А. Геоинформационное обеспечение безопасной эксплуатации трубопроводного транспорта // Известия ТПУ. 2021. №12. С 52-63. DOI: 10.18799/24131830/2021/12/3028 EDN: ZAFHWP
8. Кузьмин В.Р. Технология оценки загрязнений окружающей среды объектами энергетики с применением информационно-вычислительной системы WICS // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2023. №1 (29). С. 111-122. DOI: 10.38028/ESI.2023.29.1.010 EDN: QMBGAC
9. Липина Л.Н., Усиков В.И. Использование геоинформационных технологий для оценки и прогноза состояния окружающей среды // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. №8. С 46-53. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-8-0-46-53 EDN: XVLSTZ
10. Максимович Н.Г., Казакевич С.В., Никифоров В.В. Роль карста в формировании нефтяного загрязнения гидросферы в районе п. Полазна // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: материалы рег. научно-практ. конференции. 2005. С. 290-295.
11. Максимович Н.Г., Хайрулина Е.А. Геохимические барьеры и охрана окружающей среды. Пермь: Изд-во ПГУ, 2011. 248 с. ISBN: 978-5-7944-1655-8 EDN: RXAXHT
12. Мещерякова О.Ю. Зонирование закарстованных территорий по степени устойчивости к нефтяному загрязнению // Геология и полезные ископаемые западного Урала. 2015. – № 15. С. 136-139. EDN: UGVUKR
13. Мещерякова О.Ю., Максимович Н.Г. Особенности нефтяного загрязнения карстовых районов // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. – 2011. – №11. – С.188-190. EDN: OIGENJ
14. Московченко Д.В., Бабушкин А.Г., Идрисов И.Р. Оценка техногенной нарушенности нефтяных месторождений Среднего Приобья с использованием спутниковых снимков // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2020. № 5. С. 53-61. DOI: 10.31857/S0869780920050069 EDN: ADCDNB
15. Мячина К.В. Особенности воздействия объектов нефтегазодобывающей инфраструктуры на подзональные ландшафты Волго-Уральского степного региона // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2019. №4. С. 21-29. DOI: 10.24411/2304-9081-2019-15021 EDN: EJQCZS
16. Оборин А.А., Хмурчик В.Т., Иларионов С.А. Маркарова М.Ю., Назаров А.В. Нефтезагрязненные биоценозы. Пермь: Изд-во ПГУ, 2008. 511 с.
17. Пиковский Ю.И., Геннадиев А.Н., Краснопеева А.А. Пузанова Т.А. Углеводородные геохимические поля в почвах района нефтяного промысла // Вестник Московского ун-та. Серия 5 География. 2009. №5. С. 28-34. EDN: KZAPNL

18. Пиковский Ю.И., Геннадиев А.Н., Оборин А.А. и др., Углеводородное состояние почв на территории нефтедобычи с карстовым рельефом // Почвоведение. 2008. № 11. С. 1314-1323. EDN: JTXBPH
19. Пиковский Ю.И., Смирнова М.А., Ковач Р.Г., Пузанова Т.А., Хлынина А.В., Хлынина Н.И. Поведение углеводородов в карстовых ландшафтах // Естественные и технические науки. 2014. № 9-10. С. 133-143. EDN: TKKLYF
20. Соколов Э.М., Максимович Н.Г., Мещерякова О.Ю. Формирование нефтяного загрязнения сульфатного массива в карстовых районах и методы его ликвидации // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2015. – №2. – С. 79-89. EDN: ТРМУМН
21. Турковская О.В., Муратова А.Ю., Дубровская Е.В., Бондаренкова А.Д., Любунь Е.В. Фиторемедиационный потенциал сорго веничного для очистки земель от углеводородов нефти и тяжелых металлов. Аграрный научный журнал. 2020. № 12. С. 50-54. DOI: 10.28983/asj.y2020i12pp50-54 EDN: OCLRPG
22. Eccles K.M., Paul B.D., Chan H.M. The Use of Geographic Information Systems for Spatial Ecological Risk Assessments: An Example from the Athabasca Oil Sands Area in Canada // Environmental Toxicology and Chemistry. 2019. V.12. P. 2797-2810. DOI: 10.1002/etc.4577
23. Ogbo E.M., Okhuoya J.A. Bioavailability of some heavy metals in crude oil contaminated soils remediated with *Pleurotus tuber-regium* Fr. Singer // Asian J. Biol. Sci. 2011. V. 4. P. 53-61. DOI: 10.3923/ajbs.2011.53.61
24. Opekunov A., Opekunova M., Kukushkin S., Lisenkov S. Impact of drilling waste pollution on land cover in a high subarctic forest-tundra zone. Pedosphere. 2022. V. 32, P. 414-425. DOI: 10.1016/S1002-0160(21)60083-8 EDN: WDRRYE
25. Polemio M., Dragone V., Limoni P. Monitoring and methods to analyse the groundwater quality degradation risk in coastal karstic aquifers (Apulia, Southern Italy) // Environmental Geology 58. -2009. -P. 299-312. DOI: 10.1007/s00254-008-1582-8 EDN: JPNJPP
26. Waltham T., Bell F., Culshaw M. Sinkholes and subsidence. Karst and cavernous rocks in engineering and construction. Praxis Publishing Ltd, Chichester, UK, 2005. -382p.
27. Wanasinghe, T., Gosine, R., De Silva. et. al. Unmanned Aerial Systems for the Oil and Gas Industry: Overview, Applications, and Challenges // IEEE Access. 2020 Vol. 8. P. 166980-166997. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3020593 EDN: WCDNPN
28. Zhou R, Yang C, Li E, Cai X, Yang J, Xia Y. Object-Based Wetland Vegetation Classification Using Multi-Feature Selection of Unoccupied Aerial Vehicle RGB Imagery. Remote Sensing. 2021. DOI: 10.3390/rs13234910 EDN: LURHOZ

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИСТОРИЧЕСКОЙ ГЕОЭКОЛОГИИ

В статье обозначен процесс дифференциации геоэкологии и приведено обоснование исторической геоэкологии, целью которой является изучение природной и антропогенной трансформации геосистем за историческое время. Перечислены близкие по задачам к исторической геоэкологии направления: экологическая история, ландшафтная экология, историческая география. По каждому направлению проведен библиометрический анализ науковедческих исследований с целью выявления публикационного тренда.

Ключевые слова: историческая геоэкология, цифровые технологии, библиометрический анализ, публикационные тренды.

L.B. Vampilova, histgeolbv67@gmail.com

Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russia

DIGITAL TECHNOLOGIES IN HISTORICAL GEOECOLOGY

Annotation. The article outlines the process of differentiation of geoecology and provides a justification for historical geoecology, the purpose of which is to study the natural and anthropogenic transformation of geosystems under the influence of time. The directions close to the tasks of historical geoecology are listed: ecological history, landscape ecology, historical geography. A bibliometric analysis of scientific research was carried out in each area in order to identify the publication trend.

Keywords: historical geoecology, digital technologies, bibliometric analysis, publication trends.

Введение. Междисциплинарное научное направление – геоэкология, предметом исследования которой служит изучение строения, состава, свойств, физических и геохимических процессов географической оболочки Земли и, одновременно, служащей средой обитания всего живого: растительного, животного мира и человека. Геоэкологическое направление получило развитие в 30 – х гг. XX века в Германии, автор термина – немецкий географ К. Тролль [11], представлявший геоэкологию (ландшафтную экологию), как «изучающую ландшафтный бюджет региона с вычислением балансов вещества и энергии» [6, с. 153]. На тот период времени были актуальны исследования в рамках изучения обмена веществом, энергией, информацией между биоценозами и природными компонентами внутри ландшафта. В нашей стране начальный этап развития геоэкологии относится к 70-м гг. XX века и отличается быстрыми темпами развития. По мере накопления геоэкологического знания наука развивается – это популярное и актуальное сегодня направление, где число исследователей постоянно увеличивается.

Результаты современных геоэкологических исследований, включающие обобщения изысканий, позволяют констатировать, что в целом геоэкологическая наука сегодня может быть показана 23 направлениями, это обстоятельство подтверждает, что геоэкология развивается быстрыми темпами. В монографии А. И. Жирова [6] подробно рассмотрены, обобщены и охарактеризованы семь основных направлений в геоэкологии. Это обобщение было сделано на рубеже XX – XXI веков. Приходится констатировать: настало время подготовки классификации научных направлений внутри геоэкологии, это насущная проблема современного состояния указанного учения. Среди семи направлений первым названо – общегеоэкологическое направление, а второе – историко-геоэкологическое. Остановимся на послед-

нем. Положение исторической геоэкологии двойственное: поскольку геоэкология относится к естественным наукам и для нее характерно интегральное состояние, связанное с междисциплинарностью, а историко-геоэкологическая направленность предусматривает акцент на времени при изучении проблемы взаимодействия общества и природы, на стыке целого комплекса наук гуманитарного профиля [1; 2]. Основные методологические позиции *исторической геоэкологии*, как составной части *геоэкологии*, формируются на основе взаимосвязей между исторической географией и геоэкологией.

Объектом исследования исторической геоэкологии служат пространственно-временные экологические системы (ПВЭС), объединяющие триединство «природа-население-хозяйство», отношения между составляющими изменяются во времени. Предмет исследования – ретроспективное изучение взаимосвязей между технологическими и природными процессами за историческое время. Это наука, изучающая специфику геоэкологических проблем за историческое время, занимающаяся их инвентаризацией, разработкой проектных решений по ликвидации существующих геоэкологических нарушений природной среды в наши дни и прогнозированием дальнейших изменений геосистем и их составных частей [1; 2].

Обоснование исторической геоэкологии как самостоятельного научного направления в конце прошлого века обосновывалось трудами Л. Н. Гумилева [3], Ю. Д. Дмитриевского [4], В. А. Зубакова [7] и др., а в последние два десятилетия А. И. Жирова [6] и Л. Л. Розанова [8] и др. Вопрос о степени разработанности этого научного направления продолжает оставаться дискуссионным. Л. Н. Гумилев в своих трудах приближался к вопросам исторической геоэкологии, например: «Изменение природы не результат постоянного воздействия на природу, а следствие кратковременных состояний в развитии народов» [3, с. 109]. Это высказывание подтверждает наше предложение о необходимости рассмотрения вопроса о давности и длительности освоения. Ю. Д. Дмитриевский [4] выделял исторические аспекты таких исследований, поскольку название исторической геоэкологии в его публикациях было связано с наличием исторического угла зрения при проведении историко-геоэкологического исследования.

В настоящее время наряду с исторической геоэкологией (в географии) в рамках гуманитарных наук существует несколько научных направлений, принадлежащих разным сферам, где рассматриваются вопросы геоэкологических исследований в историческом аспекте. Прежде всего это экологическая история (Environmental history), исследующая взаимодействие человека и природных систем во времени. Возникновение направления связывают с организацией экологического движения в 1960-х и 1970-х годах в США, что было вызвано глобальными экологическими проблемами, касающимися крупных городов и, зарождающейся концепцией «Устойчивого развития». Эта область научных знаний была основана на вопросах охраны природы, сосредоточенной на конкретных временных срезах. Историческая экология учитывает взгляды, касающиеся экологического опыта и достижений предшественников; а также, экологические процессы прошлого, возникшие в связи с историческим природопользованием. Развивается эколого-гуманитарное направление, где сопряжены история природы и история общества, обозначившиеся в связи с экологизацией исследований под эгидой направления «Экологическая история». Ведает этим направлением «гуманитарии» представители вузовской и академической науки – А. А. Алимов, Е. И. Гололобов, Бао Маохопг, В. В. Канищев, А. Э. Каримов, Э.С. Кульпин и многие другие.

Методика. Цифровые технологии применены нами при сборе и аналитической обработке базы данных с учетом методик Ф.Н. Лисецкого, А. А. Скурихина и др. [9; 10] (цель: динамика публикаций базы РИНЦ за 19670–2023 гг.) по нескольким направлениям, касающимся историко-экологических исследований: *экологическая история, историческая геоэкология, ландшафтная экология, историческая география*.

Результаты. Нами проведена инвентаризация исследовательского интереса по публикациям направления «экологическая история» за 53 года (1970 по 2023 год). Поиск по всем типам публикаций базы РИНЦ по словосочетанию «экологическая история» в названиях, ан-

нотациях и ключевых словах в указанные периоды времени показал, что в период с 1970 по 1999 год статей, упоминающих "экологическую историю", в РИНЦ не найдено. Активизация процесса публикаций начинается от рубежа веков (XX – XXI вв.). Сравнивая число публикаций по двум временным срезам: первый (2000–2018) и второй (2019–2023) констатируем, что на первом этапе, представленном 19-тью годами, количественные сведения по некоторым показателям уступают тем, что получены в последующие пять лет. Общее число публикаций первого этапа, превышающего по длительности более чем в три раза второй этап, каждые 6 лет насчитывается 35 публикаций. В то время как за последние пять лет от 2019 года были опубликованы 190 исследовательских работ (38 публикаций за год).

Коллектив исследователей, занимающихся ландшафтной экологией (с 1982 г.) представлен сегодня в мире Международной Ассоциацией ландшафтной экологии (International Association for Landscape Ecology – IALE). Значительная часть российских исследователей являются членами этой организации. Цели IALE углублять междисциплинарное и международное сотрудничество в ландшафтно-экологических исследованиях и развивать ландшафтную экологию в качестве научной базы для управления и планирования ландшафта. Ключевые слова в этом направлении: ландшафтная система формирования природной среды, экология речных ландшафтов, геоинформационные системы ландшафтов, экология агроландшафтов, экология городских ландшафтов, эколого-ландшафтное планирование и др. Есть термины близкие к исторической геоэкологии. За 53 года в базе РИНЦ есть 135 публикаций по ландшафтной экологии, обозначим их за 100 %. На первый этап (2000–2018 гг.) приходится – 63,8 % публикаций, на второй этап (2019–2023 гг.), в три раза меньший по продолжительности – 31, 2% публикаций, а на 30-летний отрезок времени (от 1970 до 2000 гг.) приходится всего 5 % статей. Вот так неравномерно распределены по годам число статей по ландшафтной экологии. Наибольшая публикационная активность отмечена за последние 5 лет – за год 8,4%. В предыдущие годы число статей в год составляло – 4,5%. Анализ количественных параметров появившихся публикаций за указанный период времени по двум временным этапам свидетельствует, что оба направления – экологическая история и ландшафтная экология в последние годы набирают определенные темпы в публикационных трендах.

Суммарное число публикаций, когда при поиске указано не словосочетание «историческая геоэкология», а даны отдельно два слова «историческая» и «геоэкология» – общее число статей около 200 за отрезок времени в 53 года. По двум этапам: наибольшему за 19 лет – насчитывается 110 публикаций, с учетом 5.7 статьи в год; за пять лет появилось 78 публикаций по 15.6 статей в год. Отмечаем, что за последние годы активизировался процесс появления в печати работ по исторической геоэкологии. Из других количественных показателей обращают на себя внимание достаточно большое число авторов (336 чел.) и суммарное число цитирований публикаций (414- за второй этап; 83- за третий этап). Поскольку первый анализ проведен без использования словосочетания «историческая геоэкология» нами предпринят второй шаг проведения проверки, однако результаты оказались значительно скромнее. Поиск по всем типам публикаций базы РИНЦ по словосочетанию «историческая геоэкология» в ключевых словах за период 1970-2023 гг. дал определенные результаты по поводу фамилий наиболее активных авторов: Вампилова Л. Б., Колбовский Е. Ю., Розанов Л. Л., Чибилев А.А., Богданов С. В., Брагин П. Н., Кондакова Т. Ю., Левыкин С. В., Середовских Б. А., Федорко В. Н. и др.

Последним направлением для библиометрического анализа была историческая география, как междисциплинарное направление для всех перечисленных выше наук, поскольку многие из них в предмете своего исследования уделяют внимание историко-геоэкологическому аспекту.

Число публикаций по исторической географии начиная от 1970 года (3660) не сравнимо ни с одним из анализируемых направлений по причине давности возникновения, востребованности и актуальности науки. Близкими величинами отличаются показатели по числу авторов статей (3537), суммарному числу цитирований (14327 публикаций) и индексу Хирша (46). В публикациях по исторической географии следует отметить большое разнообра-

разие ориентаций, установок, трендов о фундаментальных положениях науки – объекте, предмете изучения, структуре, теоретических положениях, терминологическом аппарате.

Выводы: Проведенный библиометрический анализ показал, что среди всех направлений исследования, имеющих историко-экологические аспекты, историческая геоэкология выделяется активизацией публикационной активностью за последние пять лет, что свидетельствует о возрастающей актуальности и востребованности. Базовой дисциплиной для всех направлений служит историческая география – пограничная отрасль знания, методологической основой которой является изучение проблемы взаимодействия общества и природы. В основу науки положен пространственно-временной подход, основанный на методе диахронического анализа, позволяющего осуществлять историко-географические срезы, проводить сравнительные характеристики состояний ландшафта на различных временных этапах развития. Для исследований проблемы «Человек и окружающая среда» особенно важен аспект историко-географических изменений в триаде «природа-население-хозяйство», позволяющий вскрыть генетические корни современных преобразований. Задача «опрокинутая в прошлое» [5, с. 5] важна для всех перечисленных направлений, которые пользуются результатами исследований исторической географии, особенно привлекательно для всех направлений включение в компетенцию исторической географии «естественнонаучных проблем» [5, с. 7].

Библиографический список

1. Вампилова, Л. Б. Основные теоретические положения исторической геоэкологии и перспективы развития научного направления/ Л. Б. Вампилова // Мировая экологическая повестка и Россия: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием (16-18 ноября 2020 г., г. Москва): Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. Москва, 2020. с. 19-26. EDN: BCNNFP
2. Вампилова Л.Б. Историческая география и историческая геоэкология: диагностика геоэкологических ситуаций/ Л. Б. Вампилова // В сборнике: Исторический подход в географии и геоэкологии. Материалы VII Международной научно-образовательной конференции по исторической географии. Отв. редактор Л.Б. Вампилова. Петрозаводск, 2023. С. 23-30. DOI: 10.33933/rshu/g1c23-2 EDN: QECRDI
3. Гумилев Л.Н. Об антропогенном факторе ландшафтообразования (ландшафт и этнос). – Вестник Ленинград. ун – та, 1967. № 24. С. 102 – 112.
4. Дмитриевский Ю.Д. География и экология: состояние и будущее // География на пороге III тысячелетия. – СПб., 1995. С. 73 – 81.
5. Жекулин В. С. Историческая география и геоэкология: грани сотрудничества // География и современность. Вып. 4. – Л.: изд-во ЛГУ, 1988. С. 9 – 22.
6. Жиров А. И. Теоретические основы геоэкологии: Монография. – СПб.: Издательство, 2001. 377 с.
7. Зубаков В.А. Историческая геоэкология: предмет, задачи, первые выводы // Геоэкология: глобальные проблемы. – Л., 1990. С. 69 – 78.
8. Розанов Л.Л. Историческая геоэкология // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2016. № 4. С. 96-105. DOI: 10.18384/2310-7189-2016-4-96-105 EDN: XHNVZV
9. Скурихин А. А., Тесленок С. А., Обрядин А. А. Актуальность тематики геоэкологической оценки лесных территорий (обзор степени изученности и разработанности). Региональные геосистемы, 48 (2): 254 – 270. DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-2-254-270 EDN: DAHUFU
10. Lisetskii, F. Associated Problems of Soil Erosion, River Degradation and Water Ecology: A Bibliometric Analysis of Publications in the Journal of Regional Geosystems between 2013 and 2023 / F. Lisetskii // Environmental Analysis & Ecology Studies. – 2024. – Vol. 12, No. 2. – P. 1423-1426. DOI: 10.31031/eaes.2024.12.000785 EDN: BSFEAY
11. Troll C. Landschaftsökologie (Geoecologie) and Biogeocoenologia // Revue Roum. Geol. Geoptiys Geogr. Ser. Geobr. Bucuresti, 1970. V. 14. N.1.

РОЛЬ ГИС В ПРОВЕДЕНИИ ЛЕСОВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ СКЛОНЕ БОЛЬШОГО КАВКАЗА

В статье говорится о восстановлении лесных экосистем, распространённых как в горных, так и в равнинных районах северо-восточного склона Большого Кавказа. За длительный исторический период освоение территории исследования различными отраслями экономики привело к изменению верхних и нижних границ лесов, а также к сокращению их площади. Поэтому мы использовали ГИС, чтобы изучить, какие породы деревьев сажать в зависимости от уклона и уклона местности.

Ключевые слова: лес, лесовосстановления, ГИС, деревья

G.Hajiyeva, hgulnarn@gmail.com

The Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Azerbaijan. Baku, Azerbaijan

THE ROLE OF GIS IN CARRYING OUT FOREST RESTORATION WORKS ON THE NORTHEASTERN SLOPE OF THE GREAT CAUCASUS

The article talks about the restoration of forest ecosystems common in both mountainous and lowland areas of the northeastern slope of the Greater Caucasus. Over a long historical period, the development of the study area by various sectors of the economy led to changes in the upper and lower boundaries of forests, as well as to a reduction in their area. So we used GIS to study which tree species to plant based on the slope and slope of the area.

Keywords: forest, reforestation, GIS, trees

Изменение абсолютной высоты северо-восточного склона Большого Кавказа создало условия для усложнения геологического и геоморфологического строения, резкого изменения климата и возникновения различных растительных зон. Геоботанические исследования растительности региона начались в начале 20 века. Здесь А.А.Гроссгейм, Л.И.Прилипко, Г.Ш.Мамедов, М.Ю.Халилов, Ф.С.Халилов, В.Ч.Гаджиев, Х.А.Алиев, Н.Х.Ахундов, К.С.Асадов, Ф.М.Мамедов, С.А.Садыхов. и другие изучали особенности распространения растительности и их изменения под влиянием человека [1, 2, 3, 5].

Л.И. Прилипко дал следующую классификацию растительности района: 1) предгорная сухостепная растительность (до 200–500 м); 2) горная ксерофитная растительность (до 500–1200 м); 3) лесная растительность (до 700–1800 м); 4) субальпийская луговая растительность (до 1800–2200 м); 5) альпийско-луговая растительность (выше 2200–3200 м).

Лесная растительность – северо-восточный склон Большого Кавказа имеет богатый лесной покров. Лесная растительность стала распространяться на высоте 500-600 м над уровнем моря. Засушливые редколесья встречаются в предгорьях и равнинных частях Шабранского и Сиязанского районов, в котловинах рек Гильгильчай, Атачай и Тихчай, на пологих невысоких склонах гор. Интенсивная эксплуатация этих территорий в сельском хозяйстве с древнейших времен привела к преобразованию лесов, их терновнику, кролиководству, чайтике и др. пришлось заменить кустами [5]. На высоте 800–1300 м (1400 м) над уровнем моря находится обширный можжевельниковый лес, особенно в хребте Тангалти. В результате исследований установлено, что эти разреженные арчевые леса (особенно на прибрежных склонах Гильгильчая и Гудялчая) образовались на месте некогда существовавших на этих участках вельсовых, березовых, дубовых и серых лесов. В настоящее

время общая площадь редких арчовых деревьев составляет 13 тыс. га, и ученые предлагают создать здесь заповедник. На высоте 700–1800 м над уровнем моря расположены буковые, дубовые и кипарисовые леса. Горные леса на высотах 1600–1800 метров над уровнем моря имеют мезозональность. В горных лесах встречаются дуб иберийский (*Quercus iberica*), граб кавказский (*Carpinus caucasica*), бук восточный (*Fagus orientalis*), вяз эллиптический (*Ulmus elliptica*) и др. типы встречаются. На территории наших исследований верхняя граница лесной зоны в результате интенсивной эксплуатации не поднимается выше 1400–1800 м над уровнем моря. Лишь на очень крутых, обрывистых склонах, в труднодоступных местах верхняя граница леса поднимается на высоту 2000–2200 м, а дубравы восточные (*Quercus machrantera*) встречаются в виде «островков».

В течение длительного исторического периода интенсивное использование растительности местности привело к ее трансформации, поэтому в июле 1964 года здесь был создан Гусарский заповедник. В этом заказнике площадью 15 000 га обитает фазан, серая куропатка, косуля, кабан и др. Помимо охраны животных и увеличения их численности была организована и охрана растительности. В период нашей независимости, в 2004 году, президент страны издал указ о создании национального парка Алтыагач, а в 2006 году – национального парка Шахдаг.

Основной целью создания национальных парков и заказников на территории исследования является предотвращение вырубки лесов в результате сельскохозяйственной деятельности, сохранение важных промысловых млекопитающих и птиц, а также защита растительности территории.

В результате интенсивного антропогенного воздействия на исследуемых территориях был поврежден лесной покров. С помощью технологий дистанционного зондирования и ГИС мы определили снижение лесистости на исследуемой территории [4, 6]. Так, за период с 1987 по 2023 гг. лесистость сократилась на 0,9% до 102 тыс. га (рис. 1). Если эта тенденция сохранится, неизбежно будет обострение ряда экологических проблем.

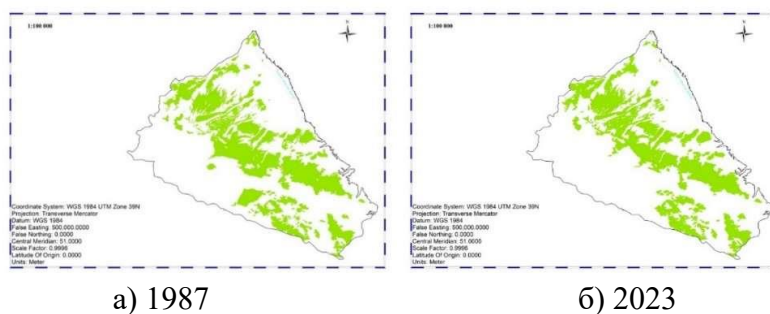


Рис. 1. Карта лесного покрова северо-восточного склона Большого Кавказа

Интенсивная эксплуатация территории привела к трансформации растительности, снижению продуктивности, замене культурных растений сорными, ядовитыми и вредными растениями. Поэтому очень важно провести лесовосстановительные работы на исследуемой территории.

В Кубинском лесхозе в урочище Гыжы на высоте 930 м над уровнем моря на склоне С-СЗ экспозиции крутизной 5–15° в 1934 г. был посажен орех грецкий с дубом каштанолистным. Первичное размещение деревьев было 1,5x1,5 м. Смещение производилось чередованием этих пород в рядах. Каждые 3–4 таких ряда чередовались чистыми рядами. С самого начала надо оговориться, что примененные тип смешения и схема размещения деревьев – грубейшая ошибка, т.к. орех грецкий и дуб никогда не были спутниками один для другого, да ещё при таком густом размещении. Эти культуры нами исследованы в разные годы. В возрасте 26 лет обе породы имели почти одинаковую среднюю высоту 17 м и средний диаметр – 16 см. Несмотря на загущенность деревьев отрицательного взаимовлияния пород не наблюдалось. Отпад был также в одинаковом количестве деревьев обеих пород. В 37 лет, хотя и орех взял верх над дубом и последний сильно притупил рост, всё же наблюдалось конку-

рентное взаимовлияние и большого числа отпад. В течение 11 лет изменение в росте было небольшое и соотношение отпада изменилось в пользу ореха. Уместно отметить, что в то время на этом участке у чистых культур дуба каштановидного (первичное размещение $1,5 \times 2$ м) средняя высота достигла 23 м, диаметр 22 см, запас стволовой древесины 300 м/га. К 47 годам орех не выдержал конкуренции, начали усыхать почти все бескронные (узкокронные) экземпляры его. Однако, несколько сравнительно крупных экземпляров ореха в виде групп всё ещё выдерживаются. Максимальный диаметр ореха 38 см. Дуб каштановидный в чистом виде имеет максимальную высоту 27–28 м при диаметре 32–36 см (максимальный 42 см). Сумма площадей сечений 26 м^2 ; при количестве деревьев 286, запас – 280 м^3 . Выживанию дуба каштановидного способствовали рубки ухода, проведенные в пользу его в последнее десятилетие. Эти рубки должны быть проведены не в последнее, а первое десятилетие, тогда бы насаждение имело лучшие показатели, чем в настоящее время. На этом участке естественное возобновление идёт за счёт местных пород – ясеня, клёна, граба и бука. Подрост имеет высоту 3–5 м. Подлесок сострит из лещины мушмулы и боярышника.

В урочище Тапамарч Кубинского лесхоза на высоте 1000 м над уровнем моря на площади 3 га имеются культуры ореха грецкого посадки 1938 г. Рельеф сильно расчлененный. Участок лесокультур представляет первичное размещение деревьев $1,5 \times 2 \times 4$ –5 м. Культуры нами исследованы в разные годы. Представлены в верхней пригребневой и гребневой части холмистого отрога. Окружающий лес грабово-буковый II и III бонитетов. Почва светло-бурая, суглинистая, маломощная. Показатели роста и развития культур изменяются в зависимости от крутизны, экспозиций и формы склонов. На самой гребневой части отрога культуры растут очень медленно. В 43 года высота их 3–6 м при диаметре 4–12 см. Состояние культур не удовлетворительное, местами деревья суховершинят. Сохранность культур также низкая – 25%. В пригребневой части отрога рост и состояние культур немного лучше. Средняя высота 8 м, средний диаметр 12 см. Сравнительно наиболее лучшие показатели роста и развития имеются на средней и нижней частях склонов В-СВ экспозиций крутизной 7 – 15° , где средняя высота 10–11 м, средний диаметр 14–16 см. Хотя в рядах и междурядьях местами кроны деревьев сомкнуты и всё же всюду на участке наблюдается слабое развитие крон и слабое плодоношение. По развитию деревьев 3–С3 склон крутизной 12° занимает промежуточное положение. На участке рубка ухода (изреживание) не проводилась. Как видно, орех грецкий не соответствует условиям местопроизрастания (высокая высота над уровнем моря, маломощность почвы, гребень и др) этого участка.

На этом участке урочища Тапамарч среди культур ореха грецкого имеется 7 экспозиции 2–3 ствольных каштана съедобного. Высота их достигла 10–17 м, при диаметре стволов деревьев 24–34 см. Диаметр проекции крон 6–10 м. Каштан здесь по всем показателям лучше растёт, чем орех.

Сосна крючковатая при аллейной посадке в питомнике (Владимировка) Алпанского лесничества Кубинского лесхоза в возрасте 30 лет (посадка 1950 г.) достигла средней высоты 15–16 м при диаметре 16–32 см. Схема размещения деревьев 1×4 –5 м. Другая аллейная посадка сосны обыкновенной с примесью сосны крючковатой находится в 3 км от город Кубы в старом питомнике. Посадка 1926 г. Размещение деревьев $0,5$ – 1×2 м. Всего 178 деревьев. В 55 лет высота деревьев 22–25 м, диаметр 24–50 см. За последние 10 лет прирост в высоту не значителен, он почти не заметен, по диаметру – 24 см. Два небольших участка старых посадок (1928 г.) сосны обыкновенной имеется в урочищах Гижи и Нафталибулаг Кубинского лесхоза на высоте 750–850 м над уровнем моря. Показатели роста удовлетворительные.

В Алтагачском лесничестве Дивичинского лесхоза около села Кызылказма на высоте 1100 м в бывшем питомнике имеются культуры сосен крымской и крючковатой 1926–28 г.г. Культуры являются остатками посевного участка для выращивания саженцев. Сосна крымская (пл. 150 м^2 , «Г» – образная, первичное размещение деревьев $0,1$ – $0,2 \times 1,0$ – $1,5$ м), в 55 лет достигла высоты 16–20 м, при диаметре 40–50 см (минимальный диаметр – 10 см). Средний диаметр 28 см. Среднее расстояние между деревьями 1,5 м. Всего 78 деревьев. Сосна крючковатая (пл. 370 м^2 первичное размещение деревьев $0,5$ – $0,2 \times 1$ – $1,5$ м, в аналогичном возрасте

достигла также 16–20 м высоты при диаметре 30–40 см (минимальный диаметр – 8 см), средний диаметр 22 см. Всего 96 деревьев.

В Алычском лесу (Кубинское лесничество) на высоте 890 м над уровнем моря на площади около 1 га имеется культура сосны обыкновенной посадки 1956–57 г.г. Культура создана на ровном месте крутизной 24°, почва суглинистая средней мощности. Окружающий лес буковый I бонитета. В возрасте 25–26 лет высота деревьев колеблется в пределах 12–14 м, диаметр стволов 16–22 см.

Большой интерес представляют работы Дивичинского лесхоза по созданию орехоплодных насаждений на террасах, шириной 2,2–3,5 м, подготовленных механизированным способом с помощью бульдозера (или террасера) смонтированного на тракторы С-80, С-100 и др. Расстояние между деревьями в рядах взято 1-3 м и междурядьями по склону 6–8 м. Для посева и посадки использованы: миндаль обыкновенный, фисташка настоящая, сосна эльдарская, гранат, дрок испанский. Общая площадь лесных, плодовых и других культур насчитывается около 5000 га. Миндаль за 8 лет достиг высоты 2–3,5 м (местами 3,0–3,7 м) при диаметре корневой шейки 6–12 см. Он здесь имеет шаровидную крону диаметром 3–4 м. Некоторые экземпляры его обильно плодоносят. За это время гранат имел высоту 0,5–1,5 м и уже стал плодоносить. Применено очень много сортов миндаля. Только посадки абрикоса высохли из-за болезни. Вокруг района Сиязани хорошие результаты имеет сосна эльдарская, сосны крымская и крючковатая. Необходимо отметить, что выделенный лесоустройством ассортимент пород для создания лесных культур не совсем удачен. Из этого списка необходимо исключить клён полевой и ясень зелёный, т.к. на территории лесхоза в естественном виде прекрасно растут другие виды клёна и ясень обыкновенный. К чему бессмысленные экзоты, когда имеются местные породы. В обязательном порядке нужно включить в список ассортименты пород: орех грецкий и каштан съедобный как древесные породы, имеющие хозяйственное значение. При этом необходимо учесть, что орех грецкий и каштан съедобный в северо-восточной части Большого Кавказа эффективны до высоты 1000 м над уровнем моря.

В последние годы возросшая забота об охране окружающей среды не обошла стороной и лесные экосистемы. Особое внимание было уделено восстановлению лесов на северо-восточном склоне Большого Кавказа. Так, в Шабране заложено 1770 га лесной площади, в Сиязани – 253 га, в Хызы – 1435 га, в Гусаре – 800 га, в Хачмазе – 500 га и в Губе – 600 га. В горных и предгорных районах территории наших исследований, где проводятся лесовосстановительные работы, произрастают: кипарис обыкновенный, финиковая пальма кавказская, белая акация, катальпа и тополя, а в относительно равнинных зонах – тополя, белая акация, катальпа, чертово дерево, береза гигантская, конский каштан и восточный платан и т. д., высажены породы деревьев.

Показатели лесных ресурсов страны, площади лесов на душу населения и объема дров находятся на низком уровне. Естественное и искусственное восстановление лесов в настоящее время не является удовлетворительным. Антропогенное давление на естественные леса, вероятно, возрастет. Поэтому необходимо предотвратить вырубку лесов и уделить особое внимание их восстановлению.

Библиографический список

1. Асадов К.С., Мамедов Ф.М., Садыхов С.А. Древесная флора и леса северо-восточной части Большого Кавказа, Баку: Наука, 2008, 276 с.
2. География Азербайджанской Республики "Физическая география". Баку "Европа", 2015, 529 с.
3. Мамедов Г.Ш., Халилов М.Ю. Леса Азербайджана. Баку: Наука, 2002, 472 с.
4. Сучков Д.К. Геоинформационные технологии в лесном секторе. // Успехи современного естествознания. 2023. № 1, С. 69-73. DOI: 10.17513/use.37987 EDN: YVENQK
5. Халилов М.Ю. Антропогенное изменение и восстановление растительности // Конструктивная география Азербайджанской Республики, 2001, с. 131-159.
6. www.earthexplorer.usgs.gov.

ГЕЙМИФИКАЦИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММАХ «ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»

В статье рассматриваются перспективы внедрения игровых симуляторов в образовательный процесс магистратуры по направлению подготовки «экология и природопользование». Использование симуляторов способствуют более высокой вовлеченности и мотивации обучающихся, увеличивают эффективность освоения компетенций. Игроки последовательно рассматривают реальные задачи, стоящие перед экологами-нефтяниками и принимают решения. Подобный подход позволит совершенствовать профессиональные и надпрофессиональные навыки магистрантов по направлению подготовки «Экология и природопользование»: компетенции принятия стратегических управленческих решений; реализации нормативных, технологических и пространственных механизмов и мероприятий обеспечения экологической безопасности; оценки состояния и воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: симулятор, образовательная программа магистратуры, охрана окружающей среды, нефтяное месторождение

A.A. Zaitsev¹, V.G. Naumov², S.A. Kulakova¹, rabbitzay@yandex.ru

¹Perm State University, Perm, Russia

²Cyber manufacturing company, Perm, Russia

GAMIFICATION IN THE EDUCATIONAL PROGRAMS «ECOLOGICAL AND NATURE MANAGEMENT»

The article discusses the prospects for the introduction of game simulators into the educational process of the master's degree in the field of ecology and environmental management. The use of simulators contributes to higher involvement and motivation of students, increases the effectiveness of mastering competencies. The players consistently consider the real tasks facing the oil environmentalists and make decisions. Such an approach will allow improving the professional and supra-professional skills of undergraduates in the field of Ecology and Environmental Management: competence in making strategic management decisions; implementation of regulatory, technological and spatial mechanisms and measures to ensure environmental safety; assessment of the state and impact on the environment.

Keywords: simulator, master's degree educational program, environmental protection, oil field

На современном этапе развития высшего образования в науках о Земле все актуальнее становятся необходимость внедрения новых технологий обучения и освоения профессиональных и надпрофессиональных компетенций.

Сегодня проходя обучение в вузе, студенты-экологи через комплекс дисциплин получают теоретические аспекты работы экологической службы предприятия. Однако, зачастую обучающиеся не представляют весь спектр вопросов, которые решает экологическая служба предприятия.

Одной из технологий, активно развивающихся на современном этапе, является геймификация образования, в частности, внедрение симуляторов. Геймификация использует поведенческие принципы и позволяет более эффективно достигать цели, увеличивать произво-

дительность труда студентов. Симуляторы способствуют более высокой вовлеченности и мотивации обучающихся, увеличивают эффективность освоения компетенций.

В настоящее время симуляторы не используются в образовательных программах высшего образования по экологии и природопользованию в Пермском университете. Реализация проекта станет первым шагом к геймификации высшего образования в области наук о Земле [2].

В рамках реализации гранта фонда Потанина на географическом факультете ПГНИУ выполняется проект «Разработка симулятора «Охрана окружающей среды на нефтяном месторождении». Проект предполагает редизайн модуля "Экологическая безопасность нефтегазового комплекса" сетевой образовательной программы магистратуры "Экологическая безопасность горнодобывающих территорий" для совершенствования профессиональных компетенций и критического мышления выпускников за счет внедрения технологии игропрактик. В результате реализации проекта будет доработан и внедрен в образовательную программу магистратуры цифровой образовательный симулятор "Охрана окружающей среды на нефтяном месторождении". Будет трансформирован модуль "Экологическая безопасность нефтегазового комплекса"/

Симулятор – обучающий механизм, позволяющий в безрисковом мире решать различные управленческие и технологические задачи, характерные для экологического управления нефтепромысла. Симулятор представляет собой компьютерную модель обеспечения экологической безопасности на нефтяном месторождении. В основе симулятора лежит модель экологической службы, представленная набором основных аспектов ее деятельности: соблюдение экологических нормативов, экологический менеджмент, экологическое проектирование, мониторинг основных природных процессов и явлений. Программа позволяет комплексно раскрыть пул задач и вариабельность принимаемых решений на предприятии. В условиях дефицита реальных практик на базе индустриальных партнеров из-за зарегулированности образовательного процесса, такой подход расширяет образовательные возможности программы не «выходя из вуза».

Релевантными российскими эталонами выступают разработки МШУ "Сколково" (www.simulizator.com) [3]:

1. Компьютерный симулятор «Universities World Rankings». Участники занимают позицию руководителя крупного вуза. В управлении игроков имеется виртуальный университет, где смоделированы основные базовые процессы, протекающие в вузе. Основа игры – процесс принятия управленческих решений, требующих от участников способности выстраивать целостную картину деятельности университета. Игроки принимают решения по научной и инновационной деятельности, образовательной политики, управлению инфраструктурой, кадрами, финансами и т.п.

2. Симулятор «Управление производственной компанией»: тренировка и формирование навыков принятия решений в процессе управления крупной производственной компанией. В основе лежит модель предприятия, представленная набором основных аспектов деятельности: технологический цикл, маркетинг, финансовая и кадровая политика, логистика продукции. Игра состоит из нескольких игровых раундов, каждый из которых равен полугодию деятельности компании.

Программный продукт «Охрана окружающей среды на нефтяном месторождении» создается на основе web-платформы, не требует установки дополнительного программного обеспечения. Симулятор имеет современный интерфейс и дизайн, позволяющий комфортно играть длительное время (1-2 пары), принимая обоснованные решения. Симулятор является клиент-серверным приложением. Для разработки серверной части используется платформа Node.js и соответственно язык программирования JavaScript. Использование Node.js позво-

ляет использовать большую базу готовых библиотек для написания кода например «Express», которая идеально подходит для написания серверов.

Для написания клиентской части используется библиотека «React». Это позволяет обеспечить кроссплатформенность и независимость от версий браузеров на используемых компьютерах.

Для работы с базой данных будет использоваться ОРСУБД PostgreSQL. Это бесплатная ОРСУБД, которая имеет в своем арсенале широкий набор инструментов. Быстрота, безопасность и надежность данной ОРСУБД обосновывает ее использование [1].

В основе симулятора лежит модель экологической службы, представленная набором основных аспектов ее деятельности: соблюдение экологических нормативов, экологический менеджмент, экологическое проектирование, мониторинг основных природных процессов и явлений. Игроки последовательно рассматривают реальные задачи, стоящие перед экологами-нефтяниками и принимают решения. Подобный подход позволит совершенствовать профессиональные и надпрофессиональные навыки магистрантов по направлению подготовки «Экология и природопользование»:

- компетенции принятия стратегических управленческих решений;
- компетенции реализации нормативных, технологических и пространственных механизмов и мероприятий обеспечения экологической безопасности;
- компетенции оценки состояния и воздействия на окружающую среду.

Игра состоит не только из заданий-ситуаций, требующих решения, но и сопровождается справочной информацией, позволяющим перед решением задачи ознакомиться с нормативными, технологическими и экологическими источниками информации, дающими правильный ответ на задание.

Обновленный симулятор будет представлять единое приложение состоящие из 3х игровых лет, в каждом из которых будет по 3 блока задач (текстовые, расчетные, пространственно-картографические, логические и др.). Каждая задача будет сопровождаться информационно-статистическим блоком, который можно изучить для понимания правильного ответа. Задачи будут раскрывать: процессы обращения с отходами, нормирование загрязнения воздуха и воды, основы экологического мониторинга, экологическую оценку состояния природных сред и компонентов, эколого-экономические обоснование расположения новых скважин в зависимости от затрат на их строительство и эксплуатацию.

Разработка анимационной составляющей даст возможность интегрировать интерактивные карты, что позволит освоить новый вид заданий для практики студентов, а также повысить привлекательность интерфейса в глазах пользователей. Добавление аналитического модуля на основе машинного обучения откроет возможность выдавать оценку и рекомендации по улучшению конкретных навыков студентов в зависимости от последнего решения. Рефакторинг и оптимизация кода программы позволит улучшить производительность, безопасность системы, а также исправить существующие ошибки системы.

Успешная реализация проекта будет способствовать трансформации образования вуза, что заложено в образовательную политику вуза в рамках "Приоритет-2030" и стратегического проекта вуза: развитие сетевых программ с уникальными методиками обучения, развитие программ дополнительного образования и числа их слушателей из числа промышленных партнеров. Впервые будет применена практика деловой игры в цифровом формате в естественнонаучном образовании. Успешная реализация позволит сформировать центр геймификации на основе развития междисциплинарного взаимодействия экологов-природопользователей, географов и IT-исследователей.

Внедрение продукта в магистерскую программу станет первым шагом к геймификации образовательных программ естественнонаучных факультетов, что пополнит учебный

инструментарий вуза. (В настоящее время игропрактики и использование цифровых продуктов, позволяющих симулировать управление природными, антропогенными, бизнес процессами в безрисковом виртуальном мире в ПГНИУ не применяются) Благодаря использованию практико-ориентированного подхода выпускники направления подготовки "Экология и природопользование" будут в большей мере соответствовать требованиям одного из крупнейших работодателей в Пермском крае.

Статья подготовлена при финансовой поддержке фонда Потанина (грант для преподавателей магистратуры № ГСГК-128/24).

Библиографический список

1. Наумов В. Г., Кнутова Н. С., Зайцев А. А., Кулакова С. А. Проектирование, разработка учебного симулятора: «нефтяное месторождение: охрана окружающей среды» / Актуальные проблемы математики, механики и информатики : Сборник статей по материалам студенческой конференции, Пермь, 24 апреля 2023 года. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2023. – С. 267-271. EDN: UKVZTF
2. Зайцев, А. А. Леконцев А. С. Разработка учебного симулятора «Нефтяное месторождение: охрана окружающей среды» / Экологическая безопасность в условиях антропогенной трансформации природной среды : Сборник материалов всероссийской школы-семинара, посвященной памяти Н.Ф. Реймерса и Ф.Р. Штильмарка, Пермь, 21–22 апреля 2022 года / Под редакцией С.А. Бузмакова. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2022. – С. 241-244.
3. <http://simulizator.com/> (дата обращения: 14.08.2024).

РАЗРАБОТКА И НАПОЛНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ЗЕЛЕНый ГОРОД»

В работе представлен опыт разработки и наполнения информационного ресурса (портала) «Зеленый город». Описан алгоритм разработки и последовательность наполнения данными. В основу легли многолетние исследования состояния зеленых насаждений на территории г. Перми и современные цифровые решения хранения и использования различных данных, в том числе пространственных, картографических, аналитических, фото и видео материалов.

Ключевые слова: зеленые насаждения, атрибуты, цифровые технологии, база данных, инвентаризация, хранение и актуализация данных

S.A. Kulakova kulakovasa@mail.ru

Perm State University, Perm, Russia

DEVELOPMENT AND FILLING OF THE GREEN CITY INFORMATION SYSTEM

The paper presents the experience of developing and filling an information resource (portal) The "Green City". The algorithm of development and the sequence of data filling are described. It is based on long-term studies of the state of green spaces in Perm and modern digital solutions for storing and using various data, including spatial, cartographic, analytical, photo and video materials.

Keywords: green spaces, attributes, digital technologies, database, inventory, data storage and updating

Актуальность. Неотъемлемой частью любого города являются зеленые насаждения, они выполняют эстетические, санитарно-гигиенические, архитектурно-планировочные функции. Они, как любой элемент городской среды, требуют своевременного контроля и управления для предотвращения возникновения различного рода ущербов. Инвентаризация, учет и мониторинг зеленых насаждений ранее осуществлялся согласно разработанным нормативным документам в советское и постсоветское время. В настоящее время технологии инвентаризации, учета, мониторинга и предоставления информации меняются, бумажные носители стремительно уступают место цифровым технологиям и платформенным решениям.

С 2010 г. в Перми формируется, регулярно обновляется и пополняется база данных по зеленым насаждениям. Отсутствие единой геоинформационной системы, в которой могли одновременно работать городские специалисты, в т.ч. по зеленым насаждениям, специалисты, осуществляющие мониторинг и учет, приводило к тому, что данные очень быстро теряли актуальность. Поэтому было принято решение о создании информационного портала «Зеленый город», в котором бы была собрана актуальная и полная информация по всем объектам и категориям зеленых насаждений.

Материал и методика. Информационной базой послужили нормативно-правовые акты Российской Федерации и данные инвентаризации деревьев, проводимой автором в рамках исследования на объектах озеленения общего пользования г. Перми в 2022 г.

Администрация города Перми разработала портал «Зеленый город» о зеленом фонде города (городских лесах и особо охраняемых природных территориях, объектах озеленения общего, ограниченного и специального назначения, биологическом разнообразии и т.д.) с фото-видеоматериалами, картосхемами и навигацией. В рамках настоящего исследования

была предложена структура предоставления данных по объектам озеленения общего, ограниченного и специального назначения, а также наполнение системы данными на основании материалов полевого обследования.

В качестве основных инструментов использовались: программное обеспечение ArcGis, программа Microsoft Excel, портал «Зеленый город». Методической основой исследования выступили теоретические разработки ряда авторов: В.А. Горохов [3], В.И. Ерохина, Г.П. Жеребцова, Т.И. Вольфтруб [4], С.А. Кулакова [5-7] и др.

Для того чтобы создать прогрессивный, современный и полезный продукт, который вмещает в себя большой комплекс данных и при этом сохраняет возможность простоты работы с ними, отвечая запросам пользователей, необходимо понимать не только, для каких целей создается этот продукт, а также какие аналоги уже существуют и какие лучшие практики можно использовать. Для этой цели изучен российский опыт («Реестр зеленых насаждений ГО г. Калининград» и др. [1, 2]) и зарубежный опыт («Деревья Нью-Йорка», «Уличные деревья Лондона» и др.) разработки платформенных решений по зеленым насаждениям. Одной из лучших информационных систем по зеленым насаждениям по мнению автора является «NYC's Trees» (Деревья Нью-Йорка). Она включена в официальный сайт Департамента парков и отдыха Нью-Йорка как один из разделов сайта.

Содержание работ. Первый этап работы заключался в создании шейп-файла пространственных данных объектов озеленения общего пользования г. Перми на основе паспортов благоустройства территорий. Выполнена оцифровка объектов и внесение их характеристик в таблицу атрибутов, используя программную среду ArcGis, а именно его модуль ArcMap. Для выполнения этой задачи первым делом необходимо в новом проекте ArcGis установить систему координат, создать базу геоданных и в ней же создать шейп-файл полигональных объектов. В данном случае использовалась местная система координат для территории Пермского края – МСК-59.

Следующим шагом является непосредственно сама оцифровка объектов озеленения по данным паспортов благоустройства. В качестве подложки использовался слой базовых карт, а именно слой «Open Street Map».

Каждый объект имеет свою уникальную информацию, которую нужно вносить в атрибутивную таблицу. Учитывая, что набор данных довольно большой, чтобы обеспечить точность данных, информация об объекте вносится в таблицу сразу после его оцифровки. Такой подход позволяет свести к нулю ошибки при заполнении.

Каждый объект озеленения общего пользования включает в себя следующие данные, которые необходимо перенести:

- название объекта;
- тип;
- назначение;
- площадь;
- район.

Данная информация заполняется согласно паспортам благоустройства территорий, а также Постановлению Администрации г. Перми № 188 [9].

После того как оцифровка была полностью завершена, векторный слой проверялся на наличие топологических ошибок при помощи инструментов геообработки из группы «Topology» (Топология) в наборе инструментов «Data Management Tools» (Управление данными). Слой проверялся на ошибки с использованием правил «Must Not Have Gaps» (чтобы внутри полигонов не было разрывов) и «Must Not Overlap» (чтобы полигоны не накладывались друг на друга). В результате проверок топологических ошибок обнаружено не было.

По окончании первого этапа работы была получена база геоданных, которая содержит все 111 объектов озеленения общего пользования г. Перми с пространственной привязкой по местной системе координат. Каждому объекту присвоена своя уникальная информация, соответствующая паспорту благоустройства и Постановлению Администрации г. Перми

№ 188. Она послужила основой для отображения объектов озеленения общего пользования на интерактивной карте информационной системы.

Параллельно с этим, после того как все деревья на учетном объекте были полностью проинвентаризованы, данные инвентаризации переносились в программную среду ArcGis. Работа проводилась в уже существующем проекте ArcGis, который был создан ранее и содержит векторный слой с площадными объектами озеленения общего пользования, для того, чтобы была возможность видеть границы объектов и не допустить переноса ошибочных данных.

В имеющейся базе геоданных был создан шейп-файл точечных объектов непосредственно для деревьев. Также в таблице атрибутов точечного слоя создавались поля согласно бланку инвентаризации: название объекта, адресная привязка, вид, диаметр ствола (см), высота дерева (м), диаметр кроны (м), год посадки, состояние, повреждения, номер фото, координаты дерева.

Как только дерево было отмечено, в таблице атрибутов заполнялась информация о нем согласно бланку инвентаризации.

Таким образом, в результате проделанных работ была получена единая база геоданных, которая содержит и объекты озеленения общего пользования г. Перми и деревья внутри этих объектов. В совокупности данный набор данных представляет собой основу информационной системы, которую внедрили в портал и продолжили работу с ними непосредственно там.

Дальнейшая работа проводилась внутри информационной системы, т.е. непосредственно на портале, который был запущен с ограниченным доступом, чтобы закончить технические задачи и подготовить его к запуску.

Для того чтобы добавить новые данные, необходимо воспользоваться функцией «Добавить объект», выбрать категорию «Зеленые насаждения», далее выбрать поле «Деревья», добавить фото объекта крупным планом, указать где находится объект, т.е. поставить точку на карте и в завершение заполнить информацию об объекте в таблице «Описание» [8].

По итогам работ в информационную систему занесено 30 родов и 122 вида деревьев, 5 классов возраста (молодое, средневозрастное, приспевающее, спелое, перестойное), 3 типа состояния (хорошее, удовлетворительное, неудовлетворительное), а также список повреждений и их коды, идентичные справочнику кодов из приложения 2 [8].

Таким образом, в результате всех проделанных работ, была подготовлена основная часть данных для отображения деревьев и объектов озеленения общего пользования города на интерактивной карте информационной системы г. Перми, опробованы функциональные возможности системы при работе с объектами, просмотрены добавленные деревья, исправлены имеющиеся неточности, заполнена недостающая информация, тем самым система была подготовлена для запуска в виде портала с открытым доступом.

Результаты работ. Интернет-портал «Зеленый город» представлен в виде отдельного сайта, является внешним интерфейсом информационной системы «Зеленые насаждения г. Перми». Впервые запущен в марте 2023 г. и на данный момент стабильно работает, при этом продолжает активно наполняться новыми данными. В частности, ведутся работы по повышению качества уже имеющихся данных и с новыми данными по зеленым насаждениям вдоль улично-дорожной сети и проч.

На сегодняшний день Портал «Зеленый город» является рабочим инструментом для органов местного самоуправления при работе с зелеными насаждениями и связующим звеном между управляющими структурами. Это была одна из главных задач при ее создании, ведь для эффективного управления необходимо коллегиально выработать и принимать свое-

временные решения. Так как все данные собраны в одном месте, появилась возможность значительно проще и быстрее реагировать на различные ситуации и изменения.

По мере наполнения, на портал будут добавлены данные не только о деревьях, но и кустарниках, газонах и цветниках, а также обо всех проводимых и планируемых работах с зелеными насаждениями (посадка, обрезка, полив и др.), и что еще более важно – расчетная оценка экологической пользы, которую приносит городу каждое конкретное дерево [8]. По состоянию на 25.07.2024 г. в систему занесены данные по 111 объектам озеленения общего пользования, 23756 деревьям.

Главный плюс информационной системы «Зеленый город» – ее открытость. Она является удобной и доступной для всех пользователей, независимо от уровня их технических знаний. Доступ к пространственным данным зеленого фонда города могут получить как муниципальные органы, так и любой желающий, местные жители.

Информационный портал «Зеленый город» разрабатывался на основе передовых существующих зарубежных и российских практик и может стать лучшим цифровым продуктом среди себе подобных.

Библиографический список

1. Геопортал "Реестр зеленых насаждений ГО г. Калининград", [Электронный ресурс], режим доступа: https://geoportal.klgd.ru/index.php/view/map/?repository=portalrepo&project=tree_reestr (Дата обращения: 12.04.2023).
2. ГИС "Зеленая инфраструктура городов", [Электронный ресурс], режим доступа: <https://map.zigbel.ru/> (Дата обращения: 20.07.2027).
3. Горохов В.А. Зеленая природа города // Учебное пособие для вузов. Издание 2-е дополненное и переработанное. М.: Архитектура-С, 2005. 592 с. ISBN: 5-9647-0054-3 EDN: QNKZOV
4. Ерохина В.И., Жеребцова Г.П., Вольфтруб Т.И. и др. Озеленение населенных мест: Справочник // Под ред. В.И. Ерохиной. М.: Стройиздат, 1987. 480 с.
5. Кулакова С.А. Оценка состояния зеленых насаждений города // Географический вестник. 2012. № 4(23). С. 59-66. EDN: PMYTRR
6. Кулакова С.А. Учет зеленых насаждений города Перми // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Том 16. № 1 (3). С. 769-771. EDN: SXGOUD
7. Методика инвентаризации зеленых насаждений на территории города Перми: Отчет о НИР // ПФ ООО "Твин-Траст". Пермь, 2007. 21 с.
8. Портал "Зеленый город", [Электронный ресурс], режим доступа: <https://zelen.gorodperm.ru/> (Дата обращения: 25.07.2024).
9. Постановление Администрации г. Перми от 29 марта 2011 года № 188 "Об утверждении Перечня объектов озеленения общего пользования города Перми", [Электронный ресурс], режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/428681751> (Дата обращения: 14.07.2024).

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НАДЗОРА НАД ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ НЕДРОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

В статье рассмотрен опыт реализации общественного экологического надзора над деятельностью недропользователей в Уватском районе Тюменской области на основе привлечения общедоступных материалов дистанционного зондирования Земли. Применяемые характеристики позволяют систематизировать основные элементы антропогенной деятельности недропользования для последующей инвентаризации объектов экологических угроз.

Ключевые слова: общественный экологический надзор, детектирование объектов негативного воздействия, уникальные геоэкологические условия, недропользование

D. Malyugin, Yu. Petrov
University of Tyumen, Tyumen, Russia

APPLICATION OF REMOTE SENSING MATERIALS FOR PUBLIC ENVIRONMENTAL SUPERVISION OF THE ACTIVITIES OF SUBSURFACE USERS

The article considers the experience of implementing public environmental supervision over the activities of subsurface users in the Uvatsky district of the Tyumen region based on the use of publicly available materials for remote sensing of the Earth. The applied characteristics make it possible to systematize the main elements of anthropogenic activities of subsurface use for subsequent inventory of objects of environmental threats.

Keywords: public environmental supervision, detection of objects of negative impact, unique geoeological conditions, subsurface use

Уватский район является уникальным по своим социально-экологическим и природно-климатическим характеристикам муниципальным образованием на территории Тюменской области (без автономных округов). На его территории осуществляется промышленная добыча нефти несколькими недропользователями, присутствует межселенная территория, осуществляется традиционное природопользование субъектами традиционного природопользования из числа ханты, образ жизни которых находится в прямой зависимости от экологической сбалансированности «кормящих ландшафтов». И параметры воздействия на традиционную экономику определяются не только и не столько прямым изъятием природных ресурсов – лесов, объектов животного мира, объектов растительного мира, сколько сопутствующим воздействием, которое может выявляться спустя определённое время. Иногда речь может идти и про существенную временную задержку проявления негативного антропогенного воздействия на окружающую природную среду [2; 7]. В качестве значимых для традиционной экономики факторов выступают такие побочные явления, как шумовое загрязнение, изменение микроклиматических параметров, перекрытие путей миграции и т.п. Появление лесных пожаров на местообитаниях промысловых животных приводит к утрате ренты охотника, а шумовое воздействие приводит к вынужденной миграции ценных промысловых зверей [1].

При таких вводных принципиальным является соблюдение недропользователями, природопользователями в целом установившихся механизмов организации сбалансированной хозяйственной деятельности, которая могла оформиться для данного природного ландшафта в границах данной территориальной общественной системы несколько столетий

назад. И здесь важным является акцентирование внимания на тех процессах, которые соответствуют требованиям сложившемуся нормативному правовому полю, но противоречит хозяйственным приоритетам субъектов традиционного природопользования. Данные позиции взаимоотношений могут быть учтены недропользователями в формате проведения общественных слушаний, а для их последующего сопоставления с реальным природопользованием необходим и общественный мониторинг, который, благодаря проникновению в общественную жизнь цифровой географии в целом, материалов дистанционного зондирования Земли – в частности, становится вполне реальным при использовании соответствующих географических компетенций [3; 6].

Для достижения поставленной в заголовке цели необходимо решить ряд задач: соотнести имеющиеся сведения по организации природопользования с их представлением на материалах дистанционного зондирования Земли; систематизировать качественные характеристики, которые возможно перенести в практическую плоскость при использовании существующих технологических возможностей по детектированию. В работе использован ландшафтно-экологический подход В.В. Козина [4], с помощью которого проведена систематизация экологических параметров хозяйственного освоения месторождения. Метод оценки территории посредством дистанционного зондирования позволяет наглядно изучить территории с данным видом недропользования. Методы исследования: геоинформационный, картографический. Методология исследования – холистический подход при оперировании с урочищами в составе единой информационной ландшафтно-экологической системе. Объект исследования – месторождение по добыче углеводородов на территории Уватского района Тюменской области. Предмет исследования – выявление экологических параметров осуществления недропользования на объекте.

При исследовании выделены недренированные бугристые поверхности верховых болот, занятые угнетенной сосной и растительностью сфагново кустарничковых болот на торфяно-подзолистых почвах, и пологоволнистые среднетаежные хорошо дренированные поверхности водораздельных равнин, занятые в основном сосново-моховыми лесами на торфянисто подзолистых почвах. Также отмечены дренированные бугристые поверхности верховых болот, занятые угнетенной растительностью сфагново кустарничковых болот на торфяно-болотных почвах. Фрагментарно представлены следующие урочища: часть грядово-мочажинных болот, как проявление недренированной поверхности, болота, занятые сфагново-кустарничковыми сообществами на грядах с верховыми торфяно-болотными почвами и гипновой растительностью в мочажинах на низинных торфяно-болотных почвах [5].

На первом этапе общественный инспектор может выделить антропогенные объекты, которые хорошо детектируются за счёт наличия прямоугольных черт на фоне округлых контуров природных урочищ, а также благодаря рисунку взаимоувязанной транспортной и технологической инфраструктуры, характерной для нефтегазопромыслового энергопроизводственного цикла (Рис. 1).

Определение антропогенных объектов проходило при помощи бесплатного общественного ресурса «Публичные кадастровые карты», оператором выступает Росреестр. Нами обозначены 5 основных объектов антропогенного влияния на окружающую среду. 1) оцифрованы дороги, соединяющие кустовые площадки по всей территории месторождения. 2) кустовые площадки. 3) промышленные объекты, такие как ДНС (дожимная насосная станция), КНС (кустовая насосная станция) и УПН (установка подготовки нефти). 4) карьеры, прежде всего, на добычу общераспространённых полезных ископаемых. 5) природновосстановленная территория, где раньше располагался рабочий посёлок организации, выполняющей работы на данном объекте. Таким образом, на этапе использования общедоступного ресурса достаточно ориентироваться на общедоступные легитимные материалы из государственной информационной системы, имеющей соответствующую регламентированную легитимность, а также на знание отраслевой организации деятельности в интересующем прикладном ключе, в контексте нашего исследования – нефтедобыча.



Рис. 1. Антропогенные объекты на территории нефтяного месторождения

В северной части нефтяного месторождения находятся 2 антропогенных объекта: бывшие карьер и рабочий поселок. В данный момент, согласно спутниковым картам, эти объекты прошли этап природовосстановительных работ, и сейчас здесь присутствует растительность (Рис. 2-3). По космоснимкам видно, как выглядел рабочий поселок во время (Рис. 2) и после восстановительных работ (Рис. 3).



Рис. 2. Снимок рабочего поселка до рекультивации



Рис. 3. Снимок рабочего поселка после рекультивации

На основании вышеописанного можно сделать вывод о том, что на территории месторождения выполнены рекультивационные работы, так как на территории после природовосстановительных мероприятий имеются ярко выраженные признаки озеленения, которые не наблюдались в период эксплуатации данных территорий. На сегодняшний день, материалы дистанционного зондирования даже на уровне общественного экологического мониторинга, при применении методики В.В. Козина, позволяют определить природные и антропогенные объекты, то есть получить объективную и актуальную информацию на данный момент времени.

Библиографический список

1. Бочарова А.А., Малышкин Н.Г., Первухина А.Д. Сравнительная характеристика природно-экологического потенциала Уватского и Тобольского районов Тюменской области // АПК: инновационные технологии. 2023. №4. С. 18-25. DOI: 10.35524/2687-0436_2023_04_18 EDN: NTFQJC
2. Затолокин, А. С. Направления цифровизации системы обращений граждан / А. С. Затолокин, Ю. В. Петров // Социальная реальность виртуального пространства: Иркутск: Иркутский государственный университет, 2023. – С. 301-305. EDN: BSSCYK
3. Затолокин, А. С. Принципы реализации ESG-повестки в составе геопорталов / А. С. Затолокин, Ю. В. Петров // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2023. – Т. 29, № 1. – С. 240-254. DOI: 10.35595/2414-9179-2023-1-29-240-254 EDN: CDFUXY
4. Козин В.В., Холодилов И.В. Ландшафтно-экологический подход при комплексной оценке экологического состояния участков перспективного нефтегазового освоения на севере Западной Сибири // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2008. № 3. С. 234-240. EDN: IVREWV
5. Малюгин Д.В. Современные возможности организации экологического мониторинга // Глобальные и региональные аспекты устойчивого развития: современные реалии. Грозный: ЧГУ, 2020. С. 520-522. DOI: 10.36684/32-2020-1-520-522 EDN: FENPHH
6. Петров, Ю. В. Стратегическое комплексирование традиционного природопользования КМНС и технологичной экономики для устойчивого развития сургутской территориальной общественной системы / Ю. В. Петров // Электронный научно-практический журнал Культура и образование. – 2014. – № 1(5). – С. 49. EDN: RUBMYP
7. Скрицкая, М. К. Система традиционного природопользования как источник воздействия на организацию территориальных общественных систем / М. К. Скрицкая, Ю. В. Петров // Пространственная организация общества: теория, методология, практика: Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2023. – С.357-360. EDN: IFSFNS

ПРИМЕНЕНИЕ ДИАТОМОВОГО АНАЛИЗА В ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЯХ

В работе раскрываются причины использования диатомового анализа в палеоэкологических реконструкциях среды, особенности диатомовых водорослей, описаны основные этапы пробоподготовки образцов и главные аспекты интерпретации полученных данных.

Ключевые слова: диатомовый анализ, озерные отложения, палеореконструкция.

Е.А. Mekhonoshina, elizamkh@mail.ru

Perm State University, Perm, Russia

APPLICATION OF DIATOM ANALYSIS IN PALEOECOLOGICAL RECONSTRUCTIONS

The article reveals the reasons for the use of diatom analysis in paleoecological reconstructions of the environment, the features of diatoms, describes the main stages of sample preparation and the main aspects of interpretation of the data obtained.

Keywords: diatom analysis, lake sediments, paleoreconstruction.

Диатомовые водоросли – эукариотические одноклеточные микроорганизмы, фотосинтетики. Обитают одиночно или образуют колонии. Имеют панцирь, состоящий из гидрата окиси кремния $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, который сохраняется в целости достаточно долгое время. Размеры диатомовых очень различны, от нескольких до сотен микрон. Из-за содержания большого количества каротиноидов обладают желто-коричневой окраской [10]. Диатомеи – многочисленный класс Bacillariophyceae отдела Охрофитовых (Ochrophyta) водорослей, царства Страминопилы (Stramenopiles). Большинство специалистов рассматривают диатомовые в ранге отдела Bacillariophyta с тремя классами: Coscinodiscophyceae, Bacillariophyceae, Fragilariophyceae. Классификация основана на форме и строении кремнеземного панциря (Рис.) [6, 10].

Диатомовые водоросли встречаются практически повсеместно: морские и океанические водоемы, почва, влажные субстраты, лед. Диатомовые играют важнейшую роль в продуктивности водоемов. Почти 90% морских планктонных водорослей составляют диатомовые, являясь одним из основных звеньев пищевой цепи. Также диатомовые водоросли продуцируют до 50% общего органического вещества планеты и основную часть биогенного кремнезема [10].

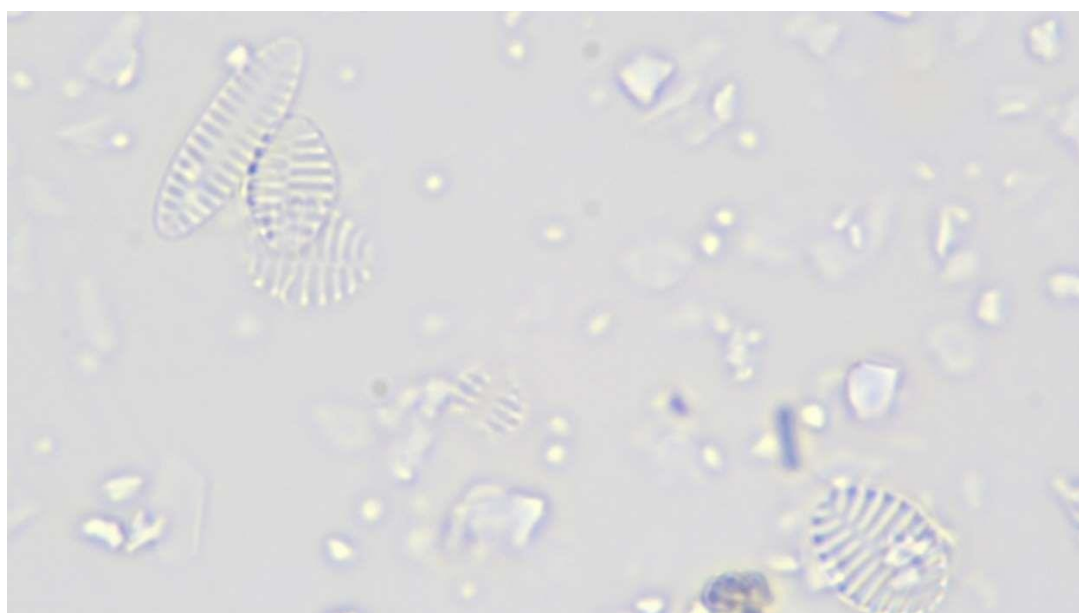
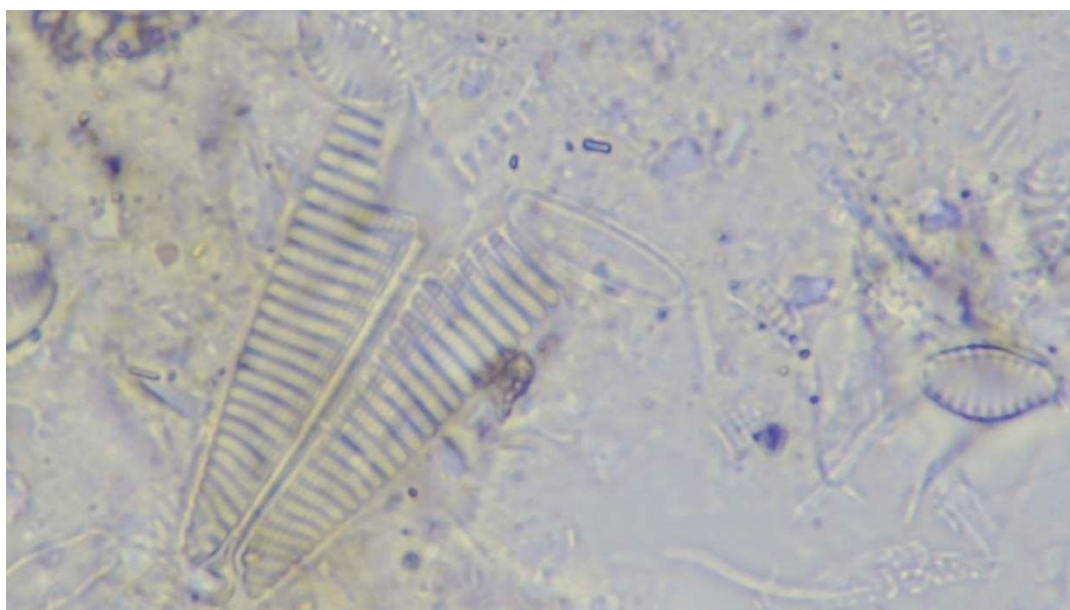


Рис. Створки (панцири) диатомовых водорослей в отложениях оз. Новожилово (Пермский край)

Диатомовые водоросли являются отличными индикаторами изменений природных условий среды. По количественному и таксономическому составу диатомовой флоры в отложениях можно восстановить такие параметры среды как температурный режим, соленость, трофический статус водоема, глубину, освещенность, проточность. Поэтому изучение диатомовых комплексов в различных отложениях используется при палеоэкологических, палеогеографических реконструкциях среды [10]. Появление ацидофильных видов и видов-обрастателей (перифитонные виды) говорит о заболачивании водосбора и возможном формировании торфяника [7]. Численность, видовое разнообразие и сохранность створок диатомовых снижает резкая смена условий осадконакопления или увеличение притока биогенного/минерального материала с водосбора. Преобладание планктонных видов свидетельствуют об олиготрофных условиях достаточно крупных водоемов [5]. О температурном режиме говорит преобладание теплолюбивых (термофилов) или холоднолюбивых (криофилов) видов. Изменение температуры может влиять на форму колоний и структуру створок [4]. При этом важно учитывать, что смена доминантных видов может быть вызвана сезонными изменениями температуры воды, освещенности и другими факторами [10]. Также некоторые виды

приспособлены обитать в водоемах с проточным режимом (например, *Didymosphenia geminata*, *Luticola acidoclinata*) или в стоячих водоемах (например, *Amphora minutissima*, *Craticula ambigua*, *Navicula vulpina*). Встречаются виды, которые комфортно живут как в водотоках, так и водоемах (например, *Ulnaria acus*, *Cymbella excisiformis*, *Navicula broetzii*) [6]. Большое количество одиночных (не колониальных) бентосных видов диатомей может указывать на хорошую освещенность водной толщи [10]. Отмечено [2], что диатомовые сообщества находятся в большей зависимости от изменений доступности питательных веществ, глубины водоема, состава воды, вызванных локальными изменениями условий окружающей среды, и могут слабо реагировать на глобальные изменения климата.

Изучение диатомовых состоит из нескольких этапов. Начинается с отбора колонки отложений, транспортировки в лабораторию. Лабораторная подготовка обычно проводится по стандартным методикам Давыдова, 1985 [3] или Battarbee et al., 2001 [1]. Основные этапы обработки образцов следующие:

1. Подготовка. Занесение информации об образцах и размещение их по стаканам объемом 1 л [8].
2. Удаление карбонатов. Тест на реакцию с 10% соляной кислотой. Для образцов NZH-1 реакции не происходило [8].
3. Удаление органики. В стакан с образцом добавляем дистиллированную воду и перекись водорода 33% в пропорции 2 к 1. Варим до белесого цвета [8].
4. Отмучивание (удаление глинистой фракции). Замена воды с интервалом в два часа до тех пор, пока она становится прозрачной (Рис. 2.1.4). Переливаем в стакан 200-300 мл. Образцы NZH-1 промывались по 3 раза, так как глинистая фракция практически отсутствовала [8].
5. Центрифугирование (с тяжелой жидкостью плотностью 2,3 г/см³) [8]. Скорость вращения центрифуги должна достигать 2500 оборотов в минуту. Соответствующее оборудование было приобретено нами на средства проекта, поддержанного Фондом Потанина.
6. Приготовление микропрепаратов со смолой «Naphrax» или средой А.А. Эльяшева (анилин-формальдегидная смола).

Затем проводится определение таксономического состава при 1000-кратном увеличении при помощи микроскопа. Особое внимание уделяется форме, количеству структурных элементов и размерам панцирей. Затем анализируется таксономический состав и сравнивается с литературными данными [10]. Для визуализации полученных данных используются программы Tilia, C2.

Видовой состав диатомовых комплексов зависит от климатической зональности. У пресноводных видов это проявляется не так ярко, как у морских, так как основным фактором формирования видового состава является совокупность экологических условий территории [9]. При проведении палеоэкологических реконструкций на основе диатомового анализа используется принцип актуализма. Для этого учитываются данные по особенностям распределения современной диатомовой флоры в зависимости от климатической зональности и физико-химических характеристик вод, которые лежат в основе биогеографического районирования. Подробное изучение изменений в современных экосистемах важно при палеоэкосистемном анализе [10].

Таким образом, диатомовый анализ является одним из базовых методов, применяемых в палеоэкологии. На основе изучения особенностей диатомовых комплексов строятся реконструкции условий существования и развития водоемов в прошлом, настоящем и будущем.

Центрифугирование образцов донных отложений выполнено при помощи оборудования, приобретенного в рамках проекта, поддержанного Фондом Потанина.

Работа выполнена в рамках проекта, получившего поддержку Фонда Потанина.

Библиографический список

1. Battarbee R.W., Jones V.J., Flower R.J. Diatoms. / In: Smol J.P., Birks H.J-B. Last W.M. (eds.) Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Terrestrial, Algal and Siliceous Indicators. 2001. Vol. 3. P. 155-202.
2. Cvetkoska A., Jovanovska E., Francke A., Tofilovska S., Vogel H., Levkov Z., Donders T.H., Wagner B., Wagner-Cremer F., 2016. Ecosystem regimes and responses in a coupled ancient lake system from MIS 5b to present: the diatom record of lakes Ohrid and Prespa. *Biogeosciences* 13, 3147-3162; Zaova D., Cvetkoska A., Wagner B., Francke A., Vogel H., Levkova Z., Jovanovska E. Diatom community responses to environmental change in Lake Ohrid (Balkan Peninsula) during the mid-Pleistocene Transition // *Quaternary International*. 2022. 622. P. 1-9. DOI: 10.1016/j.quaint.2022.03.002 EDN: WMPUMW
3. Давыдова Н.Н. Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Ленинград: "Наука", 1985. 244 с.]. EDN: IRLJYK
4. Исакова Н.А., Рогозин А.Г., Снитько Л.В. Реконструкция температурного режима озера Большое Миассово на основе региональных термоиндикаторных характеристик диатомовых водорослей (Южный Урал) // *Вопросы современной альгологии*. 2019. № 2 (20). С. 210-214. DOI: 10.33624/2311-0147-2019-2(20)-210-214 EDN: VFHWKD
5. Косова А.Л., Денисов Д.Б., Николаева С.Б. Развитие экосистемы озера Тридцатка (Мурманская область) в голоцене по результатам диатомового анализа донных отложений // *Труды Карельского научного центра РАН*. № 9. 2018. С. 77-91, Шилова О.С., Романенко Ф.А., Колька В.В., Денисов Д.Б. Изменения природной среды в северных Хибинах (Кольский п-ов) в голоцене по данным диатомового анализа озерных отложений // *Геоморфология*. 2019. №3. С. 91-101.
6. Куликовский М.С., Глушенко А.М., Генкал С.И., Кузнецова И.В. Определитель диатомовых водорослей России. Ярославль: Филигрань, 2016. 804 с. ISBN: 978-5-906682-72-7 EDN: LXCHFI
7. Марченко-Вагапова Т.И. Палеогеографические обстановки осадконакопления в родионовское межледниковье в верхнем течении р. Сейды (по данным палинологического и диатомового методов) // *Вестник геонаук*. 2022. 10(334). С. 36-41. DOI: 10.19110/geov.2022.10.4 EDN: ITKXVU
8. Мехоношина Е.А. Методика проведения диатомового анализа: основные положения // *Экологическая безопасность в условиях антропогенной трансформации природной среды: сборник материалов всероссийской школы-семинара, посвященной памяти Н. Ф. Реймерса и Ф. Р. Штильмарка (20-21 апреля 2023 г.)*. Пермь: Пермский государственный национальный университет. 692 с.
9. Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли СССР. I том. Ленинград: Наука, 1974. 403 с.
10. Стрельникова Н.И., Гладенков А.Ю. Диатомовые водоросли и их использование в стратиграфических и палеогеографических исследованиях // *Вопросы современной альгологии*. 2019. № 2 (20). С. 1-38. DOI: 10.33624/2311-0147-2019-2(20)-1-38 EDN: ZNGQMK

**ВОЗМОЖНОСТИ МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ОСНОВЕ
МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ
В ГРАНИЦАХ АРОМАШЕВСКОГО РАЙОНА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

В статье рассматриваются авторские подходы к организации мониторинга лесных пожаров на территории Аромашевского района Тюменской области. Авторами дан анализ существующему природно-ресурсному потенциалу территории через призму угроз от лесных пожаров, экологическим рискам, а также систематизированы возможности для практического применения имеющейся совокупности материалов дистанционного зондирования Земли.

Ключевые слова: лесные пожары, индекс вегетации, Аромашевский район

Yu. Petrov, E. Svyatkina, petrov19811201@gmail.com
Siberian Scientific and Analytical Center, Tyumen, Russia

**THE POSSIBILITIES OF MONITORING FOREST FIRES BASED ON EARTH REMOTE
SENSING MATERIALS WITHIN THE BOUNDARIES OF THE AROMASHEVSKY
DISTRICT OF THE TYUMEN REGION**

The article discusses the author's approaches to the organization of monitoring of forest fires in the territory of the Aromashevsky district of the Tyumen region. The authors analyze the existing natural resource potential of the territory, environmental risks from forest fires, and systematize the possibilities for practical application of the available set of materials for remote sensing of the Earth.

Keywords: forest fires, vegetation index, Aromashevsky district

Природные пожары являются одним из основных факторов потерянной целостности лесов, которые, в свою очередь, влияют на их динамику, сукцессию и баланс углерода во многих регионах [1]. Наблюдение за пространственно-временной динамикой лесных пожаров и лесовосстановлением с использованием данных дистанционного зондирования (ДЗЗ) является приоритетным направлением развития государственного и муниципального управления в области обеспечения безопасности [2]. Учитывая, что угроза лесных пожаров носит глобальный характер и возрастает с каждым годом, в связи с изменением климата и антропогенной деятельностью, контроль и мониторинг данных процессов с помощью ДЗЗ становятся всё более практически востребованными и экономически целесообразными [3].

Целью нашего исследования является выработка алгоритма организации оценки пост-пирогенной динамики древостоя путем анализа ретроспективных данных спутниковых снимков Landsat в Аромашевском районе Тюменской области за последние 20 лет с учетом погодных условий. Хронологический диапазон определён, исходя из имеющегося систематизированного материала по архивным данным на территории Аромашевского района. Хорошологическая приуроченность обусловлена особенностями физико-географических характеристик территории, которая требует соответствующего подхода исследователя при получении научно-практических выводов [4; 5].

Для анализа пост-пирогенной динамики древостоя использован Аромашевский муниципальный район, в границах которого функционирует Аромашевское лесничество, как объект принятия локальных управленческих решений на реагирование в условиях лесопожарного периода. Леса, расположенные в его границах, по целевому назначению являются эксплуатационными (184,6 тыс. га), т. е. их освоение предназначено для устойчивого и максималь-

но эффективного получения высококачественной древесины и других лесных ресурсов с условием обеспечения полезных функций лесов.

При выборе участка учтены следующие требования: большое число ежегодных пожаров; необходимое и достаточное число архивных безоблачных снимков на максимальную глубину (20 лет). Важным моментом является наличие на территории заказника с высоким значением видового богатства [6]. Информация о динамике лесных пожаров, степени повреждения и восстановления растительного покрова позволяет прогнозировать вероятность хода развития событий и принимать соответствующие превентивные меры. Высокие экологические и социально-этнические риски, выявленные в соседних муниципалитетах, могут быть также имплементированы и для учёта на территории выбранного нами муниципалитета [7; 8].

Данные для исследования – космоснимки, охватывающие устойчиво на протяжении длительного времени покрытие территории. Методы исследования: сравнительный, сопоставительный, геоинформационный.

Пространственное разрешение использованных снимков со спутников Landsat составляет 30 м. Они загружены из архива Геологической службы США (USGS). Расчет вегетационных индексов, а также комбинации каналов космических снимков Landsat-8 проводятся в геоинформационной системе Quantum GIS (QGIS).

Использование данных дистанционного зондирования земли представляет собой эффективный инструмент для мониторинга экологического состояния лесных территорий. Учитывая частоту лесных пожаров на территории Аромашевского района Тюменской области, такой метод позволяет анализировать динамику изменений в лесных массивах, выявлять и отслеживать пожары и оценивать ущерб от них. Также эти данные полезны в планировании мероприятий по лесовосстановлению после пожаров, определении зон восстановления и оценке эффективности применяемых мер [9; 10].

Для исследования и оценки состояния растительности релевантные для нашей территории вегетационные индексы. Наиболее популярный и часто используемый индекс – NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – это нормализованный разностный вегетационный индекс – простой количественный показатель фотосинтетически активной биомассы [1]. Поскольку изменение значения индекса напрямую связано со спектральной отражательной способностью растительного покрова, то рост биомассы соответствует увеличению NDVI, а в период увядания – вегетационный индекс значительно падает. При снижении индекса в активный период роста говорит о стрессовом состоянии растения и изменения его метаболизма.

Данный индекс вычисляется по поглощению и отражению растениями лучей красной и ближней инфракрасной зоны спектра. Принимает значения от -1 до 1 и вычисляется по формуле (1):

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED}, (1)$$

Использование сочетания индексов NDVI и NBR (Normalized Burn Ratio) позволяет эффективно оценить состояние растительности, определить участки выгорания, а также определить степень тяжести ожога – характеристику сформировавшегося горельника. Эти индексы основаны на анализе спектральных характеристик поверхности и позволяют выявить изменения в растительном покрове, в том числе и после пожаров.

Нормализованный коэффициент гари – NBR (Normalized Burn Ratio) используется для определения участков выгорания и определения степени тяжести ожога. Принцип работы NBR основывается на соотношении ближнего инфракрасного (NIR) и среднего инфракрасного (SWIR) каналов. NIR-диапазон электромагнитного спектра подчеркивает изменения в лесном покрове и яркость обожженных листьев, в SWIR отмечает изменения в сухости подстилающей поверхности. После пожара отражение в области NIR сильно падает, а отражение SWIR, наоборот, возрастает с уничтожением вегетации, так как вода, к которой эта область спектра наиболее чувствительна, в растениях испаряется. Вычисляется по формуле (2):

$$NBR = \frac{NIR-SWIR}{NIR+SWIR}, (2)$$

где NIR – коэффициент отражения в ближней инфракрасной области; SWIR – коэффициент отражения в средней инфракрасной области.

Значения индексов NDVI и NBR в высокой степени взаимосвязаны с данными полевых обследований гарей и горельников. Их уверенно используют в лесной службе США для практической оценки степени повреждения лесов от пожаров [11], выделения границ свежих гарей и оценки степени повреждения огнем растительного покрова разных участков (табл.).

Таблица

Соответствие степени повреждения огнем растительного покрова значениями dNBR

Степень повреждения растительного покрова	dNBR
Отсутствует	Меньше 0,085
Низкая	0,084-0,25
Средняя	0,25-0,6207
Сильная	Больше 0,6207

Источник: [12].

Путем сравнения значений NDVI по разновременным снимкам производят оценку динамики состояния растительности территорий [13]. Для оценки восстановительной динамики растительности на месте лесных гарей использованы космоснимки со спутников Landsat 5 (камера TM), а также Landsat 8 (сканер OLI). Основными лесообразующими породами являются береза и осина (97 %). Средний класс природной пожарной опасности составляет 3,5.

Исходя из того, что на территории Аромашевского района имеется заказник, а флора заказника имеет очень высокие значения видового богатства и насчитывает 297 видов из 58 семейств, учитывая виды, включённые в Красную книгу Тюменской области, а также наличие месторождений торфа, такие методы являются особенно релевантными и полезными для мониторинга и контроля за лесными пожарами.

Таким образом, сформулированный нами алгоритм может иметь следующие взаимосвязанные параллельные шаги: 1) систематизация природно-ресурсного потенциала на основе материалов лесничества и ООПТ – идеальное сочетание=актуальные материалы лесоустройства и летопись заказника, представленная ландшафтной картой; 2) систематизация материалов дистанционного зондирования Земли в хронологическом и хорологическом соотношении с выявлением на основе исторического мониторинга последствий от лесных пожаров, существующие экологические риски, сукцессионную динамику; 3) сочетание различных индексов в контексте выхода на определённые лесовосстановительные и лесозащитные мероприятия. Предложенный алгоритм, по мере проникновения цифровой трансформации в жизнь муниципалитета, может дополняться подтягиванием информационных (геоинформационных) ресурсов из государственных информационных систем, муниципальных информационных систем, корпоративных и частных данных при условии их релевантности задачам муниципалитета. В тематическом плане соотношение с информационными материалами может дополняться сведениями по распространению общераспространённых полезных ископаемых (важное значение имеет оконтуривание торфяных месторождений), наличию характеристик по дорогам, трубопроводам, проникновению мобильной связи и т.д.

Библиографический список

1. Hirschberger P. Forests ablaze. Causes and effects of global forest fires. Berlin: WWF, 2017. 108 p.
2. Петров, Ю. В. Геоинформационные ресурсы формирования имиджа Тюменской области / Ю. В. Петров // Aus Sibirien – 2017. Тюмень: Тюменский государственный университет, 2017. – С. 88-92. EDN: XPXGFF

3. Петров, Ю. В. Направления риск-ориентированного программирования экологического надзора в ресурсодобывающем регионе / Ю. В. Петров // Человек в современном мире: экология, рекреация, туризм: Материалы IV Кавказского экологического форума, Грозный, 18-20 октября 2019 года. – Грозный: Чеченский государственный университет, 2019. – С. 117-121. EDN: NQSTRL
4. Петров, Ю. В. Аромашевский район Тюменской области: исторические виды природопользования в районе XX в / Ю. В. Петров // Ландшафтно-экологическая оценка деградации земель степных и аридных территорий: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Грозный, 25-26 ноября 2022 года. – Грозный: Чеченский государственный университет имени Ахмата Абдулхамидовича Кадырова, 2022. – С. 151-153. DOI: 10.36684/73-1-2022-151-153 EDN: YMMNVC
5. Синдирева, А. В. Эколого-правовые основы и геоэкологические принципы организации природопользования / А. В. Синдирева, Ю. В. Петров. – Омск: Общество с ограниченной ответственностью "Издательский центр КАН", 2021. – 116 с. ISBN: 978-5-907156-89-0 EDN: AVXKEB
6. Петров, Ю. В. Развитие сети особо охраняемых природных территорий в г. Тобольске / Ю. В. Петров, Е. Н. Багровская // Карбышевские чтения. Наше дело правое – победа будет за нами! Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Тюмень, 06-08 декабря 2023 года. – RUS: Тюменское высшее военно-инженерное командное училище им. маршала инженерных войск А.И. Прошлякова Министерства обороны РФ, 2023. – С. 248-252. EDN: NEOUSB
7. Валеева, К. Н. Использование цифровых технологий для оценки ресурсообеспеченности Викуловского района Тюменской области / К. Н. Валеева, Ю. В. Петров // Цифровая география: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: в 2 т., Пермь, 16-18 сентября 2020 года. Том I. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2020. – С. 232-235. EDN: IXMQIW
8. Петров, Ю. В. Стратегическое комплексирование традиционного природопользования КМНС и технологичной экономики для устойчивого развития сургутской территориальной общественной системы / Ю. В. Петров // Электронный научно-практический журнал Культура и образование. – 2014. – № 1(5). – С. 49. EDN: RUBMYP
9. Брехунцов, А. М. Концептуальное представление создания опорной наблюдательной сети для мониторинга многолетнемерзлых пород / А. М. Брехунцов, Ю. В. Петров, О. А. Прыкова // Российская Арктика. – 2021. – № 1(12). – С. 23-32. DOI: 10.24412/2658-4255-2021-1-23-32 EDN: XQICKB
10. Затолокин, А. С. Информационное обеспечение населения сведениями по результатам экологического мониторинга в Тюменской области / А. С. Затолокин, Ю. В. Петров // Успехи современного естествознания. – 2023. – № 7. – С. 27-31. DOI: 10.17513/use.38067 EDN: TVOXCB
11. Green Policy. URL: <http://www.greenpolicy360.net> (дата обращения 27.03.2024).
12. Токарева, О. С. Оценка восстановительной динамики растительного покрова лесных гарей с использованием данных со спутников Landsat / О. С. Токарева, А. Д. А. Алшаиби, О. А. Пасько // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332, № 7. – С. 191-199. DOI: 10.18799/24131830/2021/7/3283 EDN: MMUNCY
13. Kovalyov A., Tokareva O. Using MODIS NDVI products for vegetation state monitoring on the oil production territory in Western Siberia // MATEC Web of Conferences. 2016. V. 48. P. 4. DOI: 10.1051/mateconf/20164805003

ОПЫТ СОЗДАНИЯ ГИС «ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КАРКАС СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО РАЙОНА ЮГА РОССИИ» ДЛЯ ЦЕЛЕЙ МОНИТОРИНГА БИОРАЗНООБРАЗИЯ В АГРОЛАНДШАФТАХ

В статье показан опыт геоинформационного обеспечения экологического каркаса типичного сельскохозяйственного района юга России на примере Белоглинского района Краснодарского края. Разработанная ГИС базируется на региональном, базовом и локальном уровнях картографирования. Для основных слоев разработаны структуры атрибутивных таблиц с базами данных.

Ключевые слова: биоразнообразие, экологический каркас, агроландшафт, мониторинг, ГИС

I. Petrova¹, E. Koroleva², shushkovo@mail.ru

¹Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

EXPERIENCE OF CREATION OF GIS “ECOLOGICAL FRAMEWORK OF AGRICULTURAL REGION OF THE SOUTHERN OF RUSSIA” FOR THE PURPOSES OF MONITORING BIODIVERSITY IN AGROLANDSCAPES

The article shows the experience of geoinformation support for the ecological framework of a typical agricultural region in the south of Russia using the example of the Beloglinsky district of the Krasnodar region. The developed GIS is based on regional, basic and local levels of mapping. For the main layers, the structures of attribute tables with databases have been developed.

Keywords: biodiversity, ecological framework, agricultural landscape, monitoring, GIS

Международные и российские природоохранные программы базируются на результатах мониторинга биоразнообразия в агроландшафтах, который определяет наиболее уязвимые его компоненты (редкие и охраняемые виды); сохранившиеся участки естественных ландшафтов и ценные в природоохранном плане фрагменты – потенциальные элементы экологического каркаса территории. Ключевыми индикаторами и показателями эффективности проводимых мероприятий чаще всего выступают растения, различные группы беспозвоночных и птицы. Одним из инструментов подобного мониторинга являются мультимасштабные геоинформационные системы, позволяющие аккумулировать и визуализировать полученную из разных источников информацию.

В качестве объекта исследования был выбран характерный для юга России Белоглинский район Краснодарского края с распаханностью более 91% и лесистостью менее 0,3 %, который является удачным примером староосвоенной и интенсивно используемой в настоящее время территории. Белоглинский район расположен на стыке четырех субъектов РФ, что позволило продемонстрировать возможности аккумулирования данных из разных Красных книг в единой базе.

ГИС «Экологический каркас Белоглинского района» базируется на трех уровнях картографирования, соответствующих масштабам 1:1000000 (региональный уровень), 1:100000 (базовый уровень) и 1:10000 (локальный уровень).

Региональный уровень дает представление об экологических связях исследуемой территории с ее окружением, ее месте в едином экологическом каркасе степной зоны юга России (рис. 1). На обзорной карте регионального уровня отображаются: территория Мирового

центра разнообразия растительности; водно-болотные угодья международного значения (Расмарские); ключевые орнитологические территории России (КОТР); ООПТ; места находок видов растений и животных, занесенных в Красные книги РФ и отдельных субъектов РФ, долинно-балочные комплексы, соединяющие ООПТ с Белоглинским районом, и ряд элементов общегеографической нагрузки (гидросеть, населенные пункты, границы субъектов РФ, границы административных районов). Для каждого основного слоя разработана структура атрибутивной таблицы с базой данных.



Рис. 1. Фрагмент карты «Место Белоглинского района в экологическом каркасе степной зоны юга России». 1 – территория Мирового центра разнообразия растительности; 2 – ООПТ с номерами (4 – «Урочище Кордон»; 5 – «Крутая Балка»; 19 – «Красногвардейский»; 20 – «Кармалиновский песчаный карьер»); 3 – места находок ломоноса цельнолистного; 4 – места находок горницевы весеннего; 5 – гидросеть; 6 – долинно-балочные комплексы, соединяющие ООПТ с Белоглинским районом; 7 – населенные пункты; 8 – границы субъектов РФ; 9 – границы административных районов.

Вокруг Белоглинского района в сходных природных условиях расположены 34 ООПТ: 18 на территории Краснодарского края, 7 на территории Ставропольского края, 5 на территории Ростовской области, 4 на территории Республики Калмыкия. Для слоя «ООПТ» база данных включает, помимо стандартной информации (название ООПТ, административная принадлежность, категория, значение, профиль, статус, дата создания, площадь, порядковый номер кадастрового дела и т.д.), наименьшее расстояние до границы БР и расстояние до границы БР по долинно-балочным комплексам. Аналогичная информация, в том числе и расстояния, указывается и для других элементов экологического каркаса.

Были проанализированы занесенные в Красные книги разного уровня редкие и охраняемые виды растений и животных, встреченные на сопредельных территориях в сходных с условиями Белоглинского района местообитаниях и составлен список видов, которые потенциально могут обитать на исследуемой территории. В него вошли 69 видов растений, 22 вида позвоночных животных, 24 вида насекомых. Места находок редких и охраняемых видов представлены на трех слоях («Растения», «Позвоночные животные», «Насекомые»). Для каждого вида атрибутивная таблица с базой данных включает русское и латинское названия, предпочитаемые местообитания, категорию статуса редкости и угрозы исчезновения для РФ и отдельно для каждого субъекта, вероятность встречи вида в районе исследований (табл.).

Структура экологического каркаса Краснодарского края, включает: элементы средообразующих природных объектов, обеспечивающих благоприятный экологический фон территории; элементы ключевых природных объектов, представляющие собой резерваты дикой природы и играющие роль генетических хранилищ биоразнообразия; вспомогательные

функциональные природные элементы; природно-антропогенные элементы, требующие реабилитации [1].

Таблица

Фрагмент атрибутивной таблицы базы данных для слоя «Растения»

№	Русское название	Латинское название	Красные книги*, статус					Местообитания	Вероятность встречи в районе исследований
			РФ	КК	СК	РО	РК		
1	Горицвет весенний	<i>Adonis vernalis</i> L. 1753	-	ЗУВ	3 (R)	2 а,б	-	степь, лесостепь	высокая (степь, распавшиеся лесополосы)
2	Ломонос цельнолистный	<i>Clematis</i> L. 1753	-	ЗУВ	3 (R)	3 г	-	степи	высокая (степь, опушки лесополос, распавшиеся лесополосы)
3	Прострел луговой	<i>Pulsatilla pratensis</i> (L.) Mill 1768	3-У-III	1КС	-	3 б,в	-	луга, опушки	низкая (опушки лесополос, распавшиеся лесополосы)

Примечание. Красные книги: РФ – Российской Федерации; КК – Краснодарского края; СК – Ставропольского края; РО- Ростовской области; РК – Республики Калмыкия.

На карте базового уровня (рис. 2) показаны элементы экологического каркаса Белоглинского района. К средообразующим относятся леса; к вспомогательным – лесополосы разного назначения, прибрежно-водные комплексы и балки, остатки деградированных степей, травянистые буферные зоны и межи, островные участки лесной и травянистой растительности среди полей, в пределах которых наблюдаются восстановительные сукцессии растительности. Все эти элементы, представляющие из себя убежища для растений и животных, являются основными объектами мониторинга биоразнообразия в агроландшафтах. Их общая площадь с учетом площади акваторий составляет около 6,9% площади района.

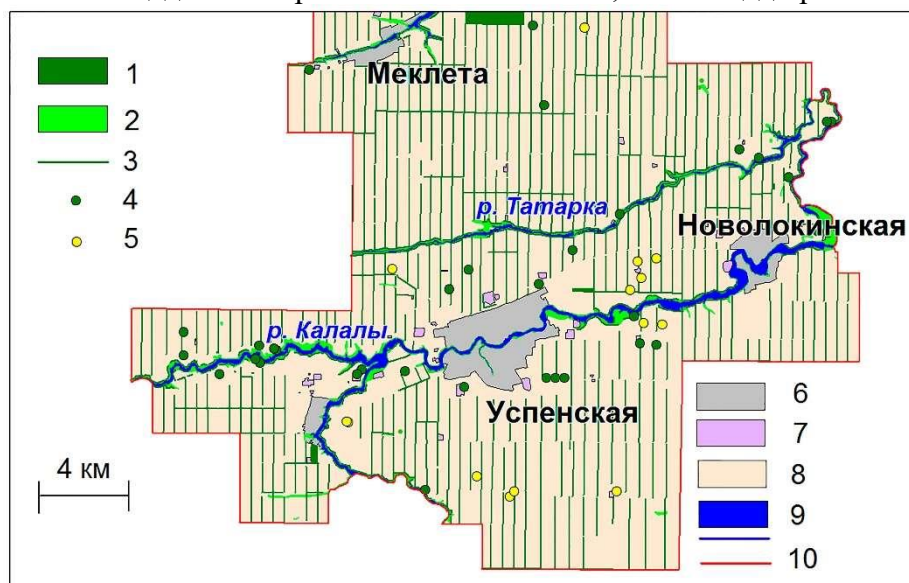


Рис. 2. Фрагмент карты Белоглинского района. 1 – леса; 2 – заросли тростника обыкновенного; 3 – лесополосы; 4 – изолированные участки лесов среди полей; 5 – островные участки травянистой растительности; 6 – населенные пункты; 7 – промышленные объекты; 8 – пашня; 9 – гидросеть; 10 – граница Белоглинского района

Наиболее полная информация представлена для слоя «Лесополосы»: атрибутивная таблица включает назначение лесополосы (полезащитная, прибрежная, придорожная), ее основные характеристики (длина, ширина, высота, породный состав, сомкнутость древесного

яруса), возраст, состояние.

На карте локального уровня (рис. 3) подробно отображается структура лесополос, выделяются распавшиеся участки. В базе данных, помимо информации, указанной на карте базового уровня, представлена информация о наличии и размерах закраек. Показаны травянистые буферные зоны и межи, остатки деградированных степей. Для микрорезерватов – островных участков лесной и травянистой растительности – в базу вносится информация о причинах появления этих участков (курганы, точечные инфраструктурные объекты) и современном антропогенном влиянии (практически отсутствует, редкое, периодическое и т.д.). Для каждого выдела в базу данных вносится список редких и исчезающих видов, которые потенциально могут обитать на исследуемой территории.

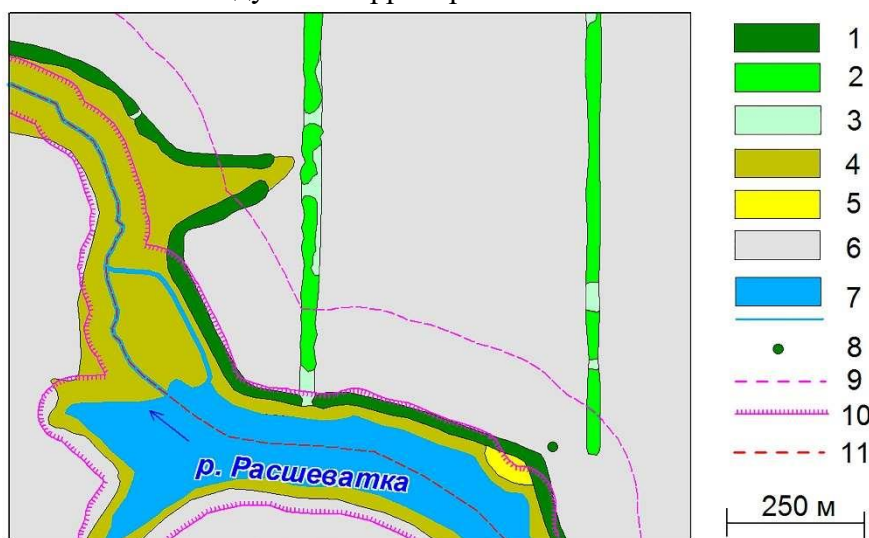


Рис. 3. Фрагмент карты экологического каркаса Белоглинского района (локальный уровень). 1 – лесополосы полевые; 2 – лесополосы прибрежные; 3 – участки распавшихся лесополос; 4 – заросли тростника обыкновенного; 5 – степи; 6 – пашня; 7 – гидросеть; 8 – отдельно стоящая группа деревьев; 9 – водоохранная зона; 10 – прибрежно-защитная полоса; 11 – граница Белоглинского района.

Показ на карте водоохранных зон и прибрежно-защитных полос дает представление о реальных условиях выполнения природоохранного законодательства. Прибрежно-защитные полосы не совпадают с границами долинно-балочной сети: в большинстве случаев реальные границы сохранившихся фрагментов природных ландшафтов меньше прибрежно-защитных полос, и, соответственно, водоохранных зон.

На карте локального уровня локализуются данные полевых наблюдений, литературных и архивных источников, которые пока носят фрагментарный характер, но, впоследствии, при развертывании системы мониторинга позволят всесторонне оценить биоразнообразие исследуемой территории и его динамику. Для этих же целей предусмотрен показ конкретных результатов антропогенного влияния (навалы мусора, кострища, сгоревшие участки и т.д.).

Работа выполнена в рамках Госзаданий FMWS-2024-0009 №1023032700199-9 и №121051100137-4

Библиографический список

1. Скрипник И.А. К вопросу о создании природно-экологического каркаса территории Краснодарского края // Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий: Материалы I Всероссийской научно-практической конференции. Сочи: ГБУ Краснодарского края «Природный орнитологический парк в Имеретинской низменности», 2014. С. 211–218. EDN: VAYWTH

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ГИС И ДЗЗ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

В статье рассматриваются отдельные примеры использования методов дистанционного зондирования земли и геоинформационных систем потенциально пригодные для оптимизации сферы регионального природопользования. Показано, что в ряде случаев использование подобных технологий позволяет ужесточить контроль за отдельными видами негативно-го воздействия, формирующегося в результате антропогенной деятельности.

Ключевые слова: геоинформационные технологии, дистанционное зондирование земли, региональное природопользование, водоохранные зоны, защитные лесополосы

A.V. Ryazanov, L.A. Abramova, ryazanov-aw@yandex.ru

Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russia

THE USE OF GIS AND OF THE EARTH REMOTE SENSING TECHNOLOGIES TO OPTIMIZE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT AT THE REGIONAL LEVEL

The article discusses some examples of the use of remote sensing methods and geoinformation systems that are potentially suitable for optimizing the sphere of regional environmental management. It is shown that in some cases the use of such technologies makes it possible to tighten control over certain types of negative impacts resulting from anthropogenic activities.

Keywords: geoinformation technologies, remote sensing of the earth, regional environmental management, water protection zones, protective forest belts

Природопользование является неотъемлемой частью хозяйственной деятельности. Только прямо или косвенно используя различные природные ресурсы, человечество может производить новую продукцию, которая необходима для удовлетворения его потребностей. Очень часто процесс эксплуатации ресурсов наносит ощутимый вред окружающей среде, нарушая и разрушая природные комплексы, что негативно сказывается как на самом человеке, так и на его деятельности.

Тамбовская область относится к числу регионов традиционно сельскохозяйственной направленности, сформировавшейся под влиянием ряда причин. Как результат, основные направления негативного антропогенного воздействия на природные комплексы в регионе, связаны с нарушением почвенного и растительного покровов, а также с загрязнением поверхностных вод. В последние годы, в связи с интенсификацией сельскохозяйственной деятельности, воздействие усилилось, в связи с чем, требуется более тщательный контроль со стороны природоохранных органов за деятельностью отдельных категорий природопользователей [1]. Одним из способов интенсификации контроля является использование возможностей геоинформационных систем и технологий дистанционного зондирования земли [2].

Острой проблемой в Тамбовской области, также как и в некоторых других регионах сельскохозяйственного профиля, является распашка водоохранных полос, а также обработка прилегающих территорий поперек русла реки, что в случае наличия даже незначительного уклона приводит к активизации процессов водной эрозии. В результате происходит ускоренный смыв почвенного покрова, а также минеральных удобрений и остатков пестицидных препаратов. Все это поступает в русло, в результате активизируются процессы заиливания, зарастания и эвтерификации, водоток теряет ряд своих экологических функций, а в случае недостаточного количества осадков в периоды маловодности может совсем исчезнуть [3].

Данные факты неоднократно фиксировались в ходе проводимых нами исследований. Контроль заподобными нарушениями и вызываемыми ими процессами достаточно затруднен, особенно при наличии развитой речной сети, представленной малыми и средними реками. Выходом из данной ситуации нами представляется создание карты отражающей не только речную сеть, но и ширину и конфигурацию водоохраных зон в виде «полигонов». Периодическое наложение подобной карты на актуальные спутниковые снимки позволит выявить места потенциальных нарушений, которые могут быть непосредственно проконтролированы представителями соответствующих природоохранных структур.

Кроме контроля за соблюдением законодательства о запрете хозяйственной деятельности на территории водоохраных зон, еще одним приложением геоинформационных технологий является оценка степени нарушенности гидрографической сети, которая, в случае Тамбовской области, представлена преимущественно малыми реками, более всего подверженными антропогенному воздействию. Имеющиеся в настоящее время в свободном доступе, картографические материалы являются неактуальными, так как большинство из них относятся ко второй половине двадцатого века. В случае гидрографической сети, обозначенные объекты, в настоящее время могут отсутствовать, в результате пересыхания и зарастания [4].

В связи с особенностями климатических условий последних лет, особое значение имеет развитие орошаемого земледелия в регионах Центрального Черноземья, что требует актуализации сведений о состоянии естественных водотоков и водоемов и запасов воды в них, а также о состоянии имеющихся искусственных водоемов и гидротехнических сооружений. Основу для получения систематической информации в этой области так же могут составить данные дистанционного зондирования [5].

В Тамбовской области уже на протяжении более чем десяти лет производятся работы по расчистке русел рек, в целях улучшения гидрологического режима. В последние годы они проводятся в рамках национального проекта «Экология». Несмотря на несомненную значимость данных работ, в большинстве случаев, они осуществляются бессистемно и без достаточного научно-технического обоснования. Чаще всего, расчистка производится в черте населенных пунктов для повышения рекреационной привлекательности водных объектов. Эффект от данных мероприятий крайне сомнителен и продолжается недолго. Для систематизации данной деятельности в первую очередь необходимо проводить предварительные исследования степени зарастания водотоков, что существенно упрощается при проведении предварительной оценки с использованием данных дистанционного зондирования, позволяющих выявить участки в наибольшей степени подвергшиеся зарастанию.

Еще одним приложением данных технологий на уровне области является контроль состояния особоохраняемых природных территорий регионального значения. Если для ООПТ федерального уровня границы достаточно четко установлены и контролируются администрацией, то для более мелких объектов ситуация гораздо сложнее. Даже если они выделены и проведены через соответствующий реестр, жесткий контроль за их состоянием отсутствует. Как следствие, неоднократно отмечались случаи распашки соответствующих территорий. Нанесение контуров соответствующих объектов и территорий на интерактивную карту, во-первых, позволит контролировать их состояние, в идеале вплоть до состояния и состава растительности, а во-вторых, позволит более четко зафиксировать природопользователей ведущих хозяйственную деятельность в непосредственной близости от объектов, находящихся под охраной.

Для Тамбовской области одной из проблем связанных с сельскохозяйственной деятельностью является поддержание и восстановление полевых лесополос, созданных в свое время для предотвращения ускоренной дефляции. Однако, к сожалению, космоснимки в большинстве случаев позволяют увидеть лишь наличие некоего объекта, конфигурация которого напоминает полевую полосу, а оценить состояние и видовой состав не представляется возможным. Тем не менее, работа в направлении разработки соответствующих методов достаточно перспективна. Подтверждением чего служит возможность оценки примерного видового состава деревьев на территориях, покрытых лесной растительностью. В некото-

рых случаях собственник или арендатор земель сельскохозяйственного назначения, в целях увеличения площади пашни, уничтожает полевые защитные лесополосы. Зафиксировать данный факт также можно путем анализа и сопоставления космоснимков за определенные промежутки времени.

Еще одной экологической проблемой регионального природопользования являются как санкционированные, так и несанкционированные свалки твердых отходов. Во втором случае их выявление и последующая ликвидация являются достаточно сложной и дорогостоящей проблемой, особенно, если они образуются в труднодоступных местах. Решить данную проблему можно двумя способами. Первый заключается в сравнении космоснимков со схемой размещения официальных объектов, предназначенных для захоронения твердых бытовых и производственных отходов. Что позволит оценить степень заполнения и зафиксировать возможные нарушения. Данное сопоставление может быть осуществлено в автоматическом режиме с использованием элементов искусственного интеллекта. Программа, обученная выявлять места размещения отходов, теоретически сможет распознавать и несанкционированные свалки. Второй способ основан на привлечении неравнодушных граждан, которые, обнаружив свалку, могут зафиксировать ее координаты, а затем передать их на соответствующий ресурс. Или непосредственно нанести точку на карте, привязанной к соответствующему сайту.

Таким образом, использование технологий дистанционного зондирования земли и геоинформационных систем на региональном уровне природопользования потенциально способствует снижению негативного антропогенного воздействия на различные природные объекты и системы. Но в то же время их эффективное применение связано с существенными затратами на первоначальном этапе создания картографического материала и заполнением привязанных к нему баз данных.

Библиографический список

1. Абрамова Л.А. К вопросу изучения современных антропогенных ландшафтов в регионах преимущественно сельскохозяйственного использования земель, на примере Тамбовской области / Л.А. Абрамова, А.В. Рязанов // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. № 2(128). DOI: 10.23670/IRJ.2023.128.11 EDN: TXZUSP
2. Алымова К.И. Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения методами дистанционного зондирования по Тамбовской области / К.И. Алымова, Е.П. Тюкленкова // ModernScience. 2020. № 5-4. С. 11-16. EDN: AIAKIR
3. Рязанов А. В. Оценка динамики антропогенного воздействия на поверхностные воды Тамбовской области / А.В. Рязанов, Л.А. Абрамова // Экология речных бассейнов: Труды 11-й Международн. научн.-практич. конф., Суздаль, 25-28 сентября 2023 года / Под общ. Ред. Т.А. Трифионовой. Владимир: ВГУ им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, 2023. С.499-504. EDN: MMUBDU
4. Рязанов А.В. Оценка характера антропогенной трансформации речной сети на территории Тамбовской области / А.В. Рязанов // Ландшаф. и экологич.исслед. прир. и антроп. геосистем: Материалы IV Общерос. (с международн. участ.) науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию высшего геогр.-ого обр-ия в Тамбовской области, Тамбов, 29 04 2022 года / Отв. ред. С.В. Панков. – Тамбов: Издательский дом "Державинский", 2022. С. 375-380. EDN: RNQGYT
5. Создание цифровой модели рельефа Тамбовской области и её практическая значимость / М.Е. Буковский, К.А. Кузьмин, К.В. Вашутина, Д.В. Власова // Мун. обр. регионов России: проблемы исслед., развит. и управ.: Материалы V Всерос. межвед. науч.-практич. конф. с международ. Уч., Воронеж, 10-12 ноября 2022 года / Под ред. Р.Е. Рогозиной. Воронеж: Цифровая полиграфия, 2022. С. 759-762. EDN: RYOVVM

РЕСУРСЫ WEB-КАРТОГРАФИИ КАК ИНСТРУМЕНТ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Размещение в сети Интернет картографического материала в виде электронных карт, динамических карт и онлайн – карт открывает доступ к информации о состоянии окружающей среды широкому кругу пользователей. Многообразие источников информации о состоянии атмосферного воздуха, ее видов, подходов к сбору и картографическому представлению, а также наличие высокого спроса на подобного рода информацию приводят к накоплению разнообразных по степени репрезентативности картографических материалов. В рамках научной деятельности сотрудниками кафедры экологии и природопользования ФГБОУ ВО «УдГУ» был накоплен значительный объем картографического, аналитического, графического материала о состоянии окружающей среды, представленный на геопортале «Комфортная среда».

Ключевые слова: web-картография, состояние окружающей среды

A.V. Semakina, alsen13@list.ru

Udmurt State University, Izhevsk, Russia

WEB CARTOGRAPHY RESOURCES AS AN ENVIRONMENTAL MONITORING TOOL

Annotation. The placement of cartographic material on the Internet in the form of electronic maps, dynamic maps and online maps opens access to information about the state of the environment to a wide range of users. The variety of sources of information on the state of atmospheric air, its types, approaches to collection and cartographic representation, as well as the high demand for such information lead to the accumulation of cartographic materials that are diverse in terms of representativeness. Within the framework of scientific activities, the staff of the Department of Ecology and Environmental Management of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "UdGU" has accumulated a significant amount of cartographic, analytical, graphic material on the state of the environment, presented on the geoportal "Comfortable Environment".

Keywords: web cartography, state of the environment

Введение. Потребность в репрезентативной, корректной и своевременной информации о состоянии окружающей среды связана с формированием на современном этапе развития общества понимания значимости роли данного фактора в экономическом и политическом развитии страны. При этом картографическая визуализация данных о состоянии окружающей среды является наиболее корректным способом отражения пространственной информации, а карта – самым доступным каналом такого рода информации. В сравнении с другими отраслями тематического картографирования, можно отметить относительно низкую значимость ранее созданных карт, характеризующих состояние атмосферы (наибольшую ценность они приобретают при ретроспективном анализе).

С развитием и популяризацией компьютерных технологий с конца 20 века произошли существенные изменения в способах создания и публикации карт. Повсеместно для создания карт (в т.ч. карт загрязнения атмосферного воздуха) стали использоваться ГИС, а позднее (с начала 21 века) и web-технологии. ГИС (геоинформационные системы) – это аппаратно-программный и одновременно человеко-машинный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку, отображение и распространение пространственно-координированных данных, интеграцию данных и знаний о территории для их эффективного использования при решении научных и прикладных задач, связанных с инвентаризацией, анализом, моделированием,

прогнозированием и управлением окружающей средой и территориальной организацией общества [1]. Web-технологии – это комплекс технических коммуникационных, программных методов решения задач организации совместной деятельности пользователей с применением сети Интернет [2].

Размещение в сети Интернет картографического материала в виде электронных карт (структурированных информационных изображений, отображающих картографическую ситуацию в заданном масштабе в растровой форме), динамических карт (электронных карт, воспроизводящих при демонстрации эффект движения, перемещения, изменения всего изображения или отдельных объектов) и онлайн – карт (веб-приложений, инструментов для интерактивного отображения картографической информации в стандартном веб-браузере) открывает доступ к информации о состоянии окружающей среды широкому кругу пользователей. При этом пользователи получают возможность работать с картографической информацией, пользуясь удобными инструментами поиска, просмотра и анализа, не имея на компьютере ничего, кроме web-браузера и доступа к сети Интернет. При этом ГИС и веб-инструменты, в контексте применения, можно трактовать как базу данных значительной по объемам пространственной информации, собственно источник информации о состоянии окружающей среды и инструмент общественного информирования.

Многообразие источников информации о состоянии атмосферного воздуха, ее видов, подходов к сбору и картографическому представлению, а также наличие высокого спроса на подобного рода информацию приводят к накоплению разнообразных по степени репрезентативности картографических материалов, отражающих состояние атмосферного воздуха. Релевантность используемой информации и подхода к ее картографической визуализации напрямую влияет на качество предоставляемой информации и на эффективность административно-управленческих решений, принимаемых на базе данного рода информации. По источникам получения исходной информации все многообразие web-ресурсов, содержащих картографическую информацию о состоянии окружающей среды, можно разделить на три категории: результаты государственного мониторинга, результаты общественного мониторинга, результаты научных исследований.

Данные государственного мониторинга за состоянием окружающей среды отличаются значительной степенью дискретности: в пространстве, во времени и ингредиентному составу. Недоучет данных о состоянии окружающей среды, связанный с фрагментарностью информации, компенсируется систематичностью получения данных, методологической и метрологической репрезентативностью данных. Примерами web-ресурсов, содержащих в основе данные государственного мониторинга состояния окружающей среды, являются «Экологический портал Санкт-Петербурга» [6], «Интерактивная карта загрязнения атмосферного воздуха республики Узбекистан» [4] и др.

Появление многообразных общественных картографических web-ресурсов (например, «ЭКОВИЗОР» [5]) связано с формированием возможности создания примитивных картографических онлайн-сервисов с применением шаблонов – сайтов (например, Bootstrap) практически любым пользователем. В то же время, дефицит доступной достоверной информации, предоставляемой официальными источниками, наряду с отсутствием критериев качества размещаемой информации, создает прецеденты профанации в области экологического картографирования (например, «AirCMS» [8]).

Компромиссным решением в формирующейся конфликтной ситуации, связанной с дефицитом объективных, достоверных данных государственного мониторинга, с одной стороны, и недостаточной репрезентативностью исходных данных и подходов к их картографической интерпретации, полученных по данным общественного мониторинга, с другой стороны, является появление картографических web-ресурсов, отражающих результаты научных исследований окружающей среды и полученных с применением критериев репрезентативности данных. Зарубежными примерами такого рода ресурсов являются PlumeLabs [9], AccuWeather [7]. В то же время, при анализе web-карт, размещенных на данных ресурсах на фоне общей детальности и содержательности пространственной картины загрязнения окружающей среды в мире в целом, можно отметить обедненность содержания и дефицит информации для территории РФ.

Методика. В рамках научной деятельности сотрудниками кафедры экологии и природопользования ФГБОУ ВО «УдГУ» был накоплен значительный объем картографического, аналитического, графического материала о состоянии окружающей среды для различных по охвату территориальных единиц РФ. Апробация полученных результатов осуществлялась в рамках создания геопортала «Комфортная среда» [3], создаваемого под руководством автора, как картографического инструмента обеспечения населения данными об экологической обстановке. В качестве геоинформационного инструмента, реализующего задачу web-визуализации электронных карт, был использован модуль «qgis2web» программного продукта Qgis.

На основании накопленных картографических материалов, представленных в традиционной форме на бумажных носителях и в виде картографических онлайн-сервисов, были сформулированы следующие уровни территориальной детализации картографического онлайн-сервиса состояния окружающей среды: город, субъекты РФ, Федеральные округа, Российская Федерация. Дальнейшая классификация картографических произведений производилась по характеристике состояния отдельных природных сред и последствиям: атмосфера, водная среда, депонирующие среды, растительный покров, детская заболеваемость, риски здоровью населения, экологическая обстановка в целом. Основные принципы, на которые опирался автор при создании данного web-ресурса: достоверность (применение критериев репрезентативности), наглядность (в том числе, возможность отказа от масштаба, применение адаптированных графических изобразительных средств), доступность (доступ в сеть Internet для любого пользователя), бесплатность (что является фактором незаинтересованности в фальсификации данных), актуальность (постоянное развитие).

Результаты и обсуждение. Развитие сферы информационных технологий внесло свои коррективы в картографирование экологической обстановки: можно отметить, с одной стороны, расширение публичности и доступности многих баз данных о состоянии атмосферного воздуха, с другой стороны, развитие веб-картографии, как наиболее эффективного инструмента картографической визуализации (высокая скорость создания карт, автоматизация процесса, отсутствие необходимости специальных знаний в области создания карт). Все это, на фоне высокого спроса на актуальную информацию о состоянии окружающей среды, привело к появлению в Интернете большого количества карт, не отвечающих требованиям репрезентативности в содержательном отношении.

Применительно к картографической визуализации можно предложить следующие критерии репрезентативности используемых данных:

1. Критерий достаточной обоснованности (или истинность), который предполагает методологическую репрезентативность используемых данных о состоянии атмосферного воздуха (например, репрезентативность используемой выборки; использование методик расчета, подтвержденных длительными эмпирическими исследованиями; достаточное для пространственной интерпретации количество пунктов отбора или постов наблюдения).

2. Критерий интересубъективности, который предполагает воспроизводимость получаемых данных для другой территории. Согласно общеэкологическому закону физико-химического единства живого вещества Вернадского, критерии и оценочные показатели состояния атмосферного воздуха, используемые для одной территории, могут быть использованы и для остальных территорий. Поскольку критерий интересубъективности конкретизируется требованием воспроизводимости научного знания, то есть одинаковостью результатов при одинаковых условиях эксперимента, он же может быть использован и в качестве критерия выявления факторов загрязнения атмосферного воздуха, ранее не учтенных в исследовании.

3. Критерий сходимости предполагает, в первую очередь, совпадение в крайних значениях, имеющихся данных с другими источниками информации о состоянии атмосферного воздуха. Можно рассматривать критерий сходимости и более широко – как соответствие полученных данных другим областям знания: научного, обыденного, художественного. Так, полученные (расчетным путем или в ходе натурных исследований) высокие значения пылевой нагрузки в пределах селитебной зоны с индивидуальной жилой застройкой говорят о широком использовании печного отопления, а экстремально высокие значения формальдегида, полученные на территории биосферного заповедника, сигнализируют о неисправности измерительного прибора или ошибке в расчетах.

Необходимо отметить, что репрезентативными можно считать данные, отвечающие всем трем критериям истинности. Так, например, существуют различные подходы к оценке состояния атмосферного воздуха, выдвигающие различные требования к количеству пространственной и временной выборки (биоиндикационный метод, измерение концентраций ЗВ в атмосфере, оценка среднегодовых объемов эмиссии), что позволяет по-разному интерпретировать критерий достаточной обоснованности. Реализация только критерия интересности на практике может отражать лишь всеобщее заблуждение. Например, в части реализации системы государственного мониторинга за состоянием атмосферного воздуха, традиционно (по аналогии с метеорологическими исследованиями) измерения проводятся в 7.00, 13.00, 19.00. На практике это означает контроль за состоянием атмосферы до «часа пик» на автодорогах и начала работы основных производств, в обеденный перерыв, после «часа пик» и окончания работ на основных производствах. Реализация только критерия сходимости, обособленно от других, обуславливает лишь «научообразность» собранных или полученных данных. Так, например, в практике создания государственных докладов о состоянии атмосферного воздуха отмечается тенденция формирования от года к году практически полностью идентичного аналитического раздела.

Заключение. Геопортал «Комфортная среда» постоянно развивается и предполагает наличие обратной связи (в разделе «Контакты»), что позволяет реализовать принцип рефлексивной оценки создаваемого картографического материала. Представленный материал уже на данном этапе может быть использован для эффективного прогнозирования, оперативного принятия эколого-градостроительных, архитектурно-планировочных и хозяйственных решений, анализа тенденций изменения экологической ситуации территории (на уровне города, региона, страны), а также для обеспечения связи планировочных решений с территориальными и ресурсными возможностями. Функционирующий в режиме двухсторонней связи геопортал «Комфортная среда» способствует формированию цифровой зрелости экоинформационного пространства РФ. В свою очередь, расширение экоинформационного пространства сузит возможности применения околоэкологического («зеленого») пиара при конфликтных ситуациях в природопользовании.

Библиографический список

1. Ваньшева С.Е., Шмидтгаль Р.Р., Афанасьев С.А. Обзор геоинформационных систем // Современные тенденции и инновации в науке и производстве. Сборник материалов VIII международной научно-практической конференции. Междуреченск. 2019. с. 108.1-108.7. EDN: CRLZDJ
2. Зеленко О.В. Валеева Л.Р., Климанов С.Г. Обзор современных Web – технологий // Вестник технологического университета. Т.18. №2. 2015. С.354 -356. EDN: TJLTVP
3. Комфортная среда. URL:<https://komfortsreda.udsu.ru/> (дата обращения 29.07.2024).
4. Мониторинг загрязнения окружающей среды в республике Узбекистан. URL: <https://monitoring.meteo.uz/en/map> (дата обращения 29.07.2024).
5. Онлайн карта "Эковизор". URL: <http://online.russiangureens.ru> (дата обращения 19.07.2024).
6. Характеристика уровня загрязнения атмосферного воздуха по данным государственной сети наблюдений и автоматизированной системы мониторинга атмосферного воздуха Санкт-Петербурга. URL: <https://www.infoeco.ru/> (дата обращения 29.07.2024).
7. AccuWeather. Текущее качество воздуха. URL: <https://www.accuweather.com/ru/ru/izhevsk/296181/air-quality-index/296181> (дата обращения 29.07.2024).
8. AirCMS. URL: <https://aircms.online/#/> (дата обращения 29.07.2024).
9. World Air Map. URL: <https://air.plumelabs.com/en/> (дата обращения 29.07.2024).

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ К ЗАЩИТЕ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ НА ПРИМЕРЕ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Исследование посвящено анализу динамики береговой зоны Калининградской области и разработке стратегий ее устойчивого развития с использованием современных цифровых технологий. Уникальное географическое положение региона, сочетающееся с интенсивным антропогенным воздействием, требует комплексного подхода к управлению прибрежными территориями. В работе представлены результаты анализа данных дистанционного зондирования, геоинформационных систем и численного моделирования. Созданный цифровой двойник береговой зоны поселка Коса позволил оценить различные сценарии развития территории и выбрать оптимальные решения для ее защиты и развития.

Ключевые слова: цифровые технологии, Калининградская область, береговая зона, природопользование

T. Sukmanova, N. Belov, tanja.sukmanova@ya.ru

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

DIGITAL TECHNOLOGIES APPLIED TO COASTAL ZONE PROTECTION ON THE EXAMPLE OF THE KALININGRAD REGION

The study is devoted to analysing the dynamics of the coastal zone of the Kaliningrad region and developing strategies for its sustainable development using modern digital technologies. The unique geographical position of the region, combined with intensive anthropogenic impact, requires an integrated approach to the management of coastal territories. The paper presents the results of analysis of remote sensing data, geoinformation systems and numerical modelling. The created digital twin of the coastal zone of the Kos settlement allowed to assess different scenarios of the territory development and to choose optimal solutions for its protection and development.

Keywords: digital technologies, Kaliningrad region, coastal zone, nature management

Калининградская область располагается на юго-восточном побережье Балтийского моря и является самым западным регионом Российской Федерации (РФ), представляя собой эксклав, то есть территорию, окружённую со всех сторон границами других государств [2]. Уникальное географическое положение региона обуславливает его высокую туристическую привлекательность как для иностранных, так и для отечественных туристов (внутренний туризм). В период пандемии коронавирусной инфекции (COVID-19) с 2019 по 2021 годы наблюдался рост внутреннего туризма по всей территории России. Калининградская область, наряду с Москвой, Санкт-Петербургом и черноморским побережьем, стала популярным направлением, выступая своеобразной альтернативой европейским городам, и продолжает оставаться привлекательным местом для туристической деятельности [5].

Побережье Калининградской области продолжает подвергаться как антропогенному, так и природному воздействию, а их взаимодействие приводит к интенсификации динамических процессов [1, 3-4]. В дополнение к отдельному воздействию на состояние береговой линии, эти процессы взаимосвязаны и способствуют как усилению разрушительных процессов в береговой зоне, так и её охране. В пределах региона можно выделить две крупные системы: северное и западное побережье, разделённые выступом Калининградского (Самбийского) полуострова в Балтийское море (мыс Таран). Данные две системы можно подразделить на четыре подзоны, поскольку для каждой характерны отличающиеся процессы:

- Балтийская коса
- Западное побережье (г. Балтийск – п. Донское)
- Северное побережье (п. Донское – г. Зеленоградск)
- Куршская коса

Общая протяжённость береговой линии Балтийского моря в пределах Калининградской области составляет приблизительно 147 км. Из них 39 км представляют собой абразионный берег, расположенный на Самбийском полуострове, в то время как 108 км характеризуются аккумулятивно-размываемыми процессами. Эти процессы также наблюдаются на побережьях Куршской и Балтийской кос, протяжённость которых в пределах Калининградской области составляет 49 км и 25 км соответственно.

Применение цифровых технологий существенно расширяет возможности изучения и мониторинга динамики береговой зоны. Современные методы дистанционного зондирования, геоинформационные системы и численное моделирование позволяют получать детальные и актуальные данные о состоянии береговой линии, прогнозировать ее изменения и оценивать эффективность различных мер по защите берега.

Дистанционное зондирование обеспечивает получение пространственно-временных данных о береговой зоне с помощью спутников, самолетов и беспилотных летательных аппаратов. Спутниковые снимки позволяют отслеживать изменения береговой линии, растительности, уровня воды и других параметров в динамике. Лидарные системы обеспечивают создание высокоточных цифровых моделей рельефа, что позволяет оценить процессы эрозии и аккумуляции.

Геоинформационные системы (ГИС) интегрируют различные пространственные данные, такие как топография, геология, гидрология и т.д. Это позволяет создавать детальные карты и модели береговой зоны. На основе этих данных можно проводить пространственный анализ, оценивать уязвимость береговой линии к различным природным процессам и антропогенному воздействию.

Численное моделирование позволяет симулировать различные процессы, происходящие в прибрежной зоне, такие как волновые процессы, течения и транспорт наносов. Это дает возможность прогнозировать эволюцию береговой линии под воздействием различных факторов, включая изменение климата и инженерные сооружения.

Машинное обучение (нейросети, ИИ) применяется для анализа больших объемов данных, полученных с помощью дистанционного зондирования и других источников. Алгоритмы машинного обучения позволяют выявлять закономерности в данных, классифицировать объекты на спутниковых снимках и прогнозировать будущие изменения.

Цифровой двойник береговой зоны представляет собой детальную виртуальную копию реального объекта, позволяющую моделировать различные процессы и сценарии развития. Интегрируя данные дистанционного зондирования, геоинформационных систем и других источников, цифровые двойники обеспечивают комплексное представление о состоянии береговой зоны и позволяют принимать обоснованные решения в области управления береговыми ресурсами. Такой подход особенно актуален при изучении динамически изменяющихся систем, таких как береговая зона поселка Коса.

Данная территория характеризуется высокой уязвимостью [6]. Данная ситуация связана с популярностью территории в секторе «диких пляжей» до начала июня 2022 г. 15 июня был открыт официальный пляж (создана туристическая инфраструктура, проведены мероприятия по укреплению авандюны), что способствовало стабилизации ситуации на данном участке. Данная прибрежная территория имеет потенциал для развития туристической зоны, но необходимо проводить дальнейшие мероприятия по берегоукреплению. Поэтому именно этот участок был выбран для создания прототипа цифрового двойника.

Моделирование цифрового двойника прибрежной зоны поселка Коса в фазе прототипа позволит оптимизировать процессы принятия управленческих решений в сфере природопользования. Отступление берега на отдельных участках достигает 20-40 метров. Неэффек-

тивные меры по природопользованию в прошлом привели к деградации береговой экосистемы. Создание цифрового двойника позволит визуализировать различные сценарии развития территории и оценить их воздействие на природную среду при различных подходах к управлению. Это позволит разработать оптимальные стратегии развития туризма и других видов природопользования с учетом экологических ограничений.

После создания 3D модели ключевого участка модель была подвергнута различным сценариям в специализированной программе ArcGIS Pro. Благодаря функции 3D моделирования были построены объекты «будущей» туристической инфраструктуры (жилые объекты, досуговые объекты), объекты городской инфраструктуры (дороги, жилые объекты) и также берегозащитные сооружения (рис.). На ниже расположенных рисунках представлены сценарии развития морского участка п.Коса с учетом комбинации процессов со стабильным и постепенным развитием территории (рис. А), также представлен негативный сценарий развития с учетом берегоукрепительных работ, которые есть на данный момент (рис. Б).

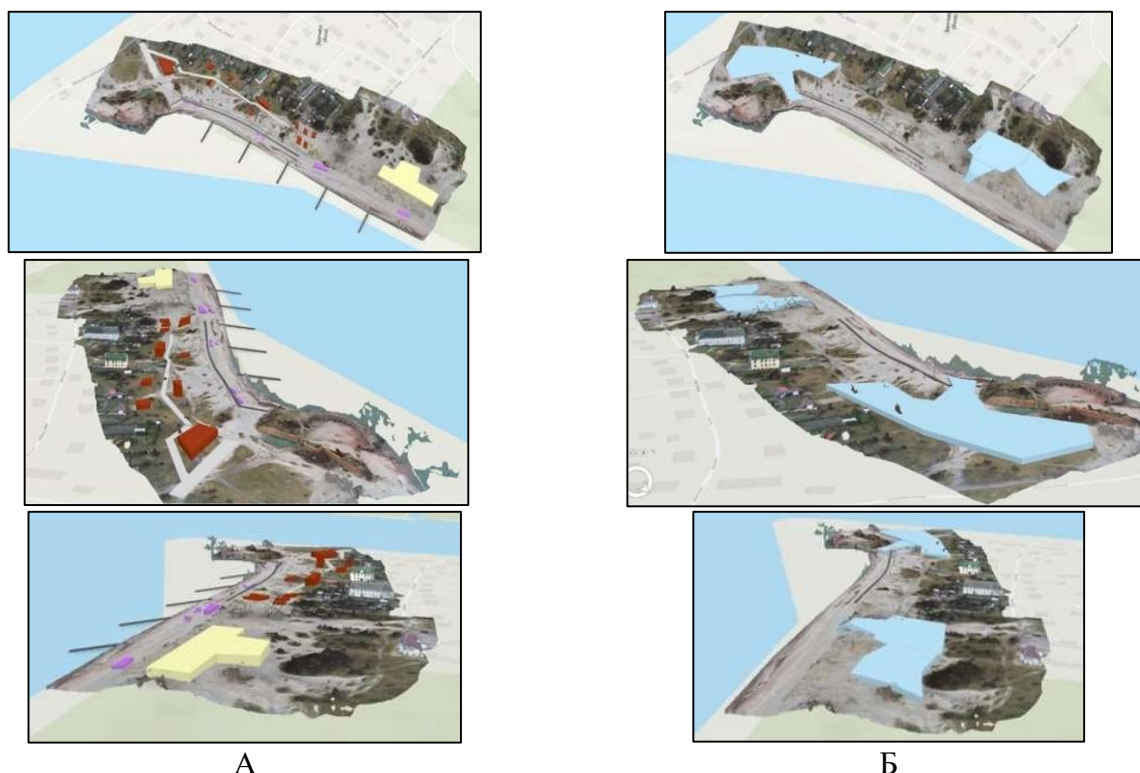


Рис. Прототипы цифровых двойников побережья около п. Коса (А – Развитие территории с учетом природоохранных мероприятий; Б – Затопление территории)

В рамках позитивного сценария (рис. А) можно спроектировать установку пескоудерживающих сооружений, таких как буны и биг-бэги (уже применяемые на объекте), с целью увеличения пляжной зоны. Развитие первой линии от моря предполагает строительство зданий и сооружений, которые будут гармонично вписываться по высоте и архитектурному стилю (на постоянном или временном фундаменте в зависимости от решения застройщика). Каждое инженерное решение проходит процедуру общественного обсуждения для достижения гармонии и общественного согласия в развитии данной территории. Обязательно будет выделена туристическая зона для застройки, где вырубка деревьев не предусмотрена, а наоборот, планируется высадка дополнительных деревьев. Кроме того, развитие пляжной инфраструктуры предполагает установку нестационарных объектов, которые причиняют минимальный вред окружающей среде. Предварительная стоимость работ для позитивного сценария оценивается в пределах 130-200 млн. рублей.

Максимально негативный сценарий (рис. Б) предполагает возможность прорыва дамбы или биг-бэгов, что приведет к затоплению отдельных участков территории поселка Коса.

Кроме того, ожидается продолжение разрушительных процессов вдоль береговой линии в районах, где не были осуществлены берегоукрепительные и береговосстановительные мероприятия, что также приведет к затоплению этих территорий. Данная ситуация может усугубиться дальнейшей стагнацией, характеризующейся отсутствием развития как туристической, так и городской инфраструктуры. Оценка стоимости работ в рамках негативного сценария будет осуществляться на основе затрат, связанных с проведением укрепительных мероприятий (от 29 до 50 млн. рублей в зависимости от протяженности участка) и ликвидацией или восстановлением последствий затопления территории в окрестностях поселка Коса.

Заключение

Применение цифровых технологий для мониторинга и прогнозирования изменений береговой зоны Калининградской области открывает новые перспективы в области берегоуправления. Интеграция геоинформационных систем, данных дистанционного зондирования (получаемых с помощью спутников и беспилотных летательных аппаратов) позволяет создавать высокоточные цифровые модели рельефа и динамики береговой линии. Методы численного моделирования и машинного обучения позволяют прогнозировать эволюцию береговой зоны под воздействием природных и антропогенных факторов, таких как изменение климата, волновые процессы и инженерная деятельность. Разработка мобильных приложений способствует вовлечению широких слоев населения в процесс мониторинга и оценки состояния береговой зоны. Системный подход, основанный на использовании цифровых технологий, позволяет оптимизировать управление береговыми ресурсами, снизить риски, связанные с природными катастрофами, и обеспечить устойчивое развитие прибрежных территорий.

Библиографический список

1. Белов Н. С., Шаплыгина Т. В., Волкова И. И. Использование компактных дронов для оценки динамики береговых систем // Балтийский регион- 127 регион сотрудничества. Регионы в условиях глобальных изменений. – 2020. – С. 193-201. EDN: FOGCLP
2. Государственный доклад "Об экологической обстановке в Калининградской области в 2021 году". Калининград: Министерство природных ресурсов и экологии Калининградской области, 2022.
3. Ромина Л. В., Мякокина О. В. Природные особенности и антропогенные факторы формирования экосистем Куршской косы // Жизнь Земли. – 2021. – Т. 43. – №. 2. – С. 248-257. DOI: 10.29003/m2030.0514-7468.2020_43_2/248-257 EDN: RRWJDU
4. Стонт Ж. И. и др. Штормовая активность в осенне-зимний период 2018-2019 гг. в юго-восточной части Балтийского моря // Известия КГТУ. – 2019. – №. 53. – С. 61-72. EDN: ZSZDTV
5. Сукманова Т. В., Дизендорф Л. О. Изменение рекреационно-туристической нагрузки на природную систему в условиях COVID-19 // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. – 2022. – №. 4. – С. 44-52. DOI: 10.5922/gikbfu-2022-4-4 EDN: DJRIJX
6. Сукманова Т.В., Баранов Н.С., Стрекаль А.В. Оценка уязвимости береговых систем Калининградской области с применением индекса CVI // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер. Естественные и медицинские науки. 2023. №4. С. 81-94. DOI: 10.5922/gikbfu-2023-4-6 EDN: IWNNKT

ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ НАЗЕМНОГО ПОКРОВА С 1992 ПО 2020 ГГ. ПО ГЛОБАЛЬНЫМ ДАННЫМ

Трансформация наземного покрова является одним из наиболее важных факторов глобальных экологических изменений. Фокус данного исследования – апробация методических подходов к выявлению изменений наземного покрова на глобальном уровне с целью последующей оценки характера антропогенизации природных комплексов на зональном уровне. Она включает оценку изменений наземного покрова с 1992 по 2020 гг. и идентификацию наиболее типичных и уникальных процессов трансформации наземного покрова в этот период.

Ключевые слова: глобальные изменения, зональная трансформация, категории наземного покрова

D.Tretiachenko, N. Alekseeva, O. Klimanova, daria.trt@gmail.com
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

ASSESSMENT OF LAND COVER TRANSFORMATION FROM 1992 TO 2020 BASED ON GLOBAL DATA

Land cover transformation is one of the most important factors in global environmental changes. The focus of this study is to test methodological approaches to identify land cover changes on a global scale with the aim of subsequently assessing the nature of anthropogenic impacts on natural complexes at the zonal level. This includes assessing land cover changes from 1992 to 2020 and identifying the most typical and unique land cover transformation processes during this period.

Keywords: world changes, zonal transformations, land cover categories

Введение. По мере расширения спектра и доступности глобальных геопространственных данных вопрос их адекватного использования для решения исследовательских задач на разном уровне активно обсуждается в научной среде [1;2;3]. С точки зрения глобальной и региональной геоэкологии в качестве источника данных большой интерес представляют глобальные базы данных наземного покрова, построенные с разной степенью детальности, в т.ч. с внутренней иерархией по категориям. Эти данные позволяют решать самые разные исследовательские задачи, особенно для природных комплексов высшего иерархического ранга. Например, анализ современной структуры наземного покрова внутри природных или экологических зон позволяет определить степень антропогенизации последних. Анализ количественных изменений за различные временные интервалы в пределах категорий наземного покрова, в свою очередь, дает представление о стабильности (устойчивости) последних и позволяет сделать выводы о процессах, сопровождающих подобные изменения. Один из возможных опытов таких исследований представлен в данной работе, целью которой стал анализ трансформации наземного покрова на глобальном уровне, выполненный в пределах ареала каждого из типов.

Материалы и методы. Исследование проводилось для периода 1992-2020 гг. на основе открытых данных Европейского космического агентства (ESA) и Службы по изменению климата «Коперник», созданных в рамках инициативы по изменению климата (ESA CCI). Используемые в работе данные имеют достаточно низкое пространственное разре-

ние 0,002778° (~300 м) [5], что, однако, позволяет использовать их при анализе процессов на зональном и общемировом уровне. Легенда карт ESA CCI LC имеет иерархическую структуру и включает 22 основных и 15 дополнительных классов наземного покрова, сопровождающих 6 из основных классов [6]. Каждая из категорий имеет трехзначный индекс, в котором первая (для двузначных) или первые две (для трехзначных) цифры отражают основной класс. Названия классов и их укрупненных категорий даны по Куст и др., 2020. Ниже мы приводим их расшифровку, которая впоследствии будет использована на рис. 1 и 2.

Леса – широколиственные вечнозеленые (50), широколиственные листопадные (60, 61, 62), хвойные листопадные (80, 81, 82), хвойные вечнозеленые (70, 71, 72), смешанные (90), мозаики древесно-кустарниковой растительности (>50%) и травяного покрова (100);

Кустарники, травяные луго-пастбищные угодья и участки с редкой растительностью – мозаики естественной (не относящейся к лесам) растительности (>50%) / пахотных земель (40), мозаики травяного (>50%) и древесно-кустарникового покрова (110), закустаренные территории (120, 121, 122), травяная растительность (130), лишайники и мхи (140), разреженная растительность (менее 15% проективного покрытия); 150, 152, 153);

Сельскохозяйственные угодья – богарные угодья (10), травяной покров (11), древесно-кустарниковый покров (12), пахотные земли, орошаемые или после затопления (20), мозаики пахотных земель/ природной растительности (30);

Водно-болотные угодья – древесный покров, затопляемый пресными (160) и засоленными (170) водами, кустарниковый и травяной покров, затопляемый пресными водами (180), водные объекты (210);

Искусственные поверхности – городские территории (190);

Другие земли – оголенные территории (200), территории со снежным покровом и льдом (201, 202, 220), прочие земли (221).

Расчеты проводились в программном пакете ArcMap методом анализа наложения растров. Предварительно из растров были удалены пикселы Мирового океана, которые не изменили своих значений за наблюдаемый период (5,6 млрд пикселов) (пикселы морей и океанов, которые участвовали в какой-либо трансформации были сохранены). Это сделано с целью уменьшения объема обрабатываемых значений. Также все пикселы водных объектов, находящиеся внутри континентов, были сохранены независимо от того, были они трансформированы или нет. Для каждого из типов наземного покрова была определена площадь в 1992 и 2020 гг., выявлены ареалы, подвергшиеся изменениям за указанный период, а также типы переходов между категориями земельного покрова, вызвавшие эти изменения. Также для каждого этапа работ были выполнены картографические визуализации, позволившие как частично верифицировать результаты, так и выявить географию явлений. Из-за небольшого объема публикации ниже мы приведем лишь часть результатов исследования.

Основные результаты. С 1992 по 2020 год изменения наземного покрова претерпели около 6% площади суши, однако эти изменения имеют высокую степень пространственной неоднородности, как между типами наземного покрова, так и внутри ареалов одного и того же типа. В процентном отношении наибольший прирост площади (+133% по сравнению с 1992 г.) продемонстрировали застроенные территории, что вполне соответствует повсеместному интенсивному развитию процессов урбанизации. Об интенсивном развитии процессов фрагментации естественного наземного покрова свидетельствует прирост площадей занятых типом 100 (мозаики древесно-кустарниковой растительности (>50%) и травяного покрова) – 20%. Вклад распахки в процессы антропогенизации наземного покрова подчеркивает и прирост площадей, отнесенных к категории 30 (мозаики пахотных земель/природной растительности) – 8%. Сложнее интерпретировать изменения (+6 и 5%), затронувшие категории древесно-кустарникового (12) и травяного покрова (11). Отметим, что обе категории отнесены

по обобщенной классификации IPCC к классу сельскохозяйственных угодий, что позволяет отметить как причину возможное перераспределение антропогенной нагрузки.

Результаты изменений в абсолютных показателях для каждого типа наземного покрова (в кв. км) приведены на рис. 1. С позиций возможных последствий для глобальной экосистемы негативными выглядят тенденции суммарных максимальных потерь площадей за 1992-2020 гг., которые демонстрируют широколиственные вечнозелёные леса (50) – 619, 5 тыс. км², и хвойные вечнозеленые леса (70) – 273,3 тыс. км². Отметим, что первый из этих типов лесов находится почти исключительно в пределах тропической зоны, второй же – и в тропической и бореальной зоне. Однако оба эти процесса свидетельствуют о значительной утрате экосистемных функций наземным покровом суши за последнюю четверть века.

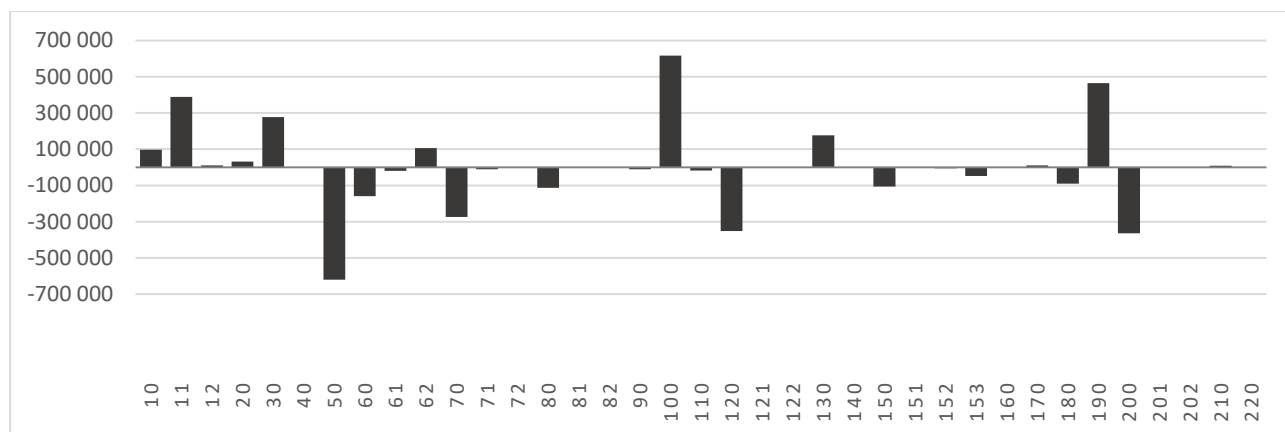


Рис 1. Динамика изменений площади (км²) для категорий наземного покрова, 1992-2020

Две других категории наземного покрова, площади которых сократились – это территории, лишённые растительности (200) и закустаренные территории (120), потерявшие соответственно 364,7 тыс км² и 352 тыс. км². Напомним, что закустаренные территории относятся к обобщенной категории сельскохозяйственных земель, что вкупе с тем, что возросла площадь древесно-кустарникового покрова может говорить о тех или иных процессах увеличения биомассы, однако требует более детальной интерпретации, исходя из географического положения ареалов. Аналогично можно высказаться и о процессах на территориях, лишённых растительности.

Категории земельного покрова, испытавшие наибольший абсолютный прирост – городские территории (190) – 465 тыс. км², мозаики древесно-кустарниковой растительности (>50%) и травяного покрова (100) – 616 тыс. км², и две категории из состава сельскохозяйственной растительности – травяной покров (11) – 389 тыс.км², и мозаики пахотных земель/природной растительности (30) – 276,8 тыс. км². Как мы уже указывали выше, все четыре этих категории могут рассматриваться как свидетельство процессов антропогенизации биосферы, что позволяет количественно оценить эти процессы в 1749 тыс. км².

Обратим внимание на то, что трансформация типов наземного покрова в случаях абсолютного большинства категорий имеет сложный характер. Иными словами, каждый из типов наземного покрова испытывает как потери, так и прирост площадей (рис. 2).

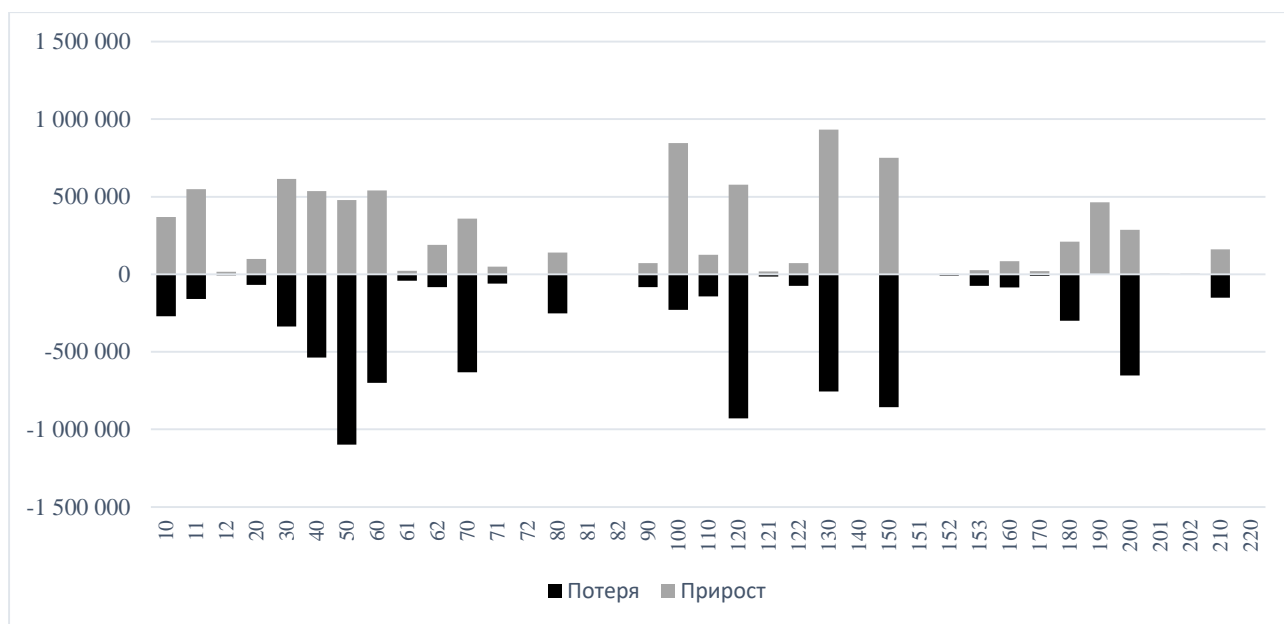


Рис 2. Структура динамики изменений типов наземного покрова (км²), 1992-2020 гг.

Последнее объясняется в т.ч. глобальным уровнем рассмотрения процессов – очевидно, что в разных частях земного шара один и тот же тип наземного покрова может испытывать разнонаправленные тенденции. Показатель же, рассчитанный для типа в целом, дает представление об общей динамике. С другой стороны, при общих незначительных изменениях площади некоторые типы могут демонстрировать высокую динамичность, которая свидетельствует о комплексности процессов трансформации. Так, у типа 150 (разреженная растительность с проективным покрытием менее 15 %), абсолютные потери в площади в 1992-2020 гг. составили 106 тыс.км² или 1,23% от всей его площади, что без учета внутренней структуры динамики позволило бы отнести этот тип к стабильным. Однако из рис. 2 видно, что собственно потери за указанный период составили 857тыс. км², а прирост за счет других категорий наземного покрова – 750 тыс. км². При этом, самые большие потери произошли за счет перехода ареала данного типа в категорию (130) травяная растительность, богарные угодья и территории, лишенные растительности. При этом, если два первых типа свидетельствуют и возможном вовлечении земель в сельскохозяйственный оборот, то последняя – об интенсификации процессов опустынивания. Прирост же площадей данной категории произошел за счет трансформации следующих категорий наземного покрова: территории, лишенные растительности, травяная и разреженная травяная растительность, хвойные вечнозеленые леса.

Выводы. Использование баз данных наземного покрова при проведении ландшафтно-геоэкологических исследований на глобальном и зональном уровнях является неотъемлемой частью современных географических исследований. Однако для анализа динамики наземного покрова необходим более детальный анализ и изучение каждого типа наземного покрова в контексте его природно-зональных особенностей. Данные результаты представляют собой, прежде всего, инвентаризацию произошедших изменений земельного покрова и нуждаются в дальнейшем углубленном анализе с учетом экологических, геолого-геоморфологических, социально-экономических и исторических факторов трансформации наземного покрова. Наряду с количественными оценками абсолютных показателей потери и прироста необходим и качественный анализ процессов, а также категорий наземного покрова, связанных с изменениями в каждом конкретном типе. В то же время полученные данные подтверждают нарастание антропогенного воздействия, особенно в части системообразующих типов наземного покрова – тропических и бореальных лесов.

Библиографический список

1. Bartholomé E., Belward, A. S. GLC2000: A new approach to global land cover mapping from Earth Observation data // International Journal of Remote Sensing. 2005. Vol. 26. P. 1959–1977. DOI: 10.1080/01431160412331291297 EDN: MFXTAP
2. Yanzhao Wang, Yonghua Sun, Xuyue Cao, Yihan Wang, Wangkuan Zhang, Xinglu Cheng, A review of regional and Global scale Land Use/Land Cover (LULC) mapping products generated from satellite remote sensing, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 206, 2023, Pages 311-334, ISSN 0924-2716.
3. Алексеева Н.Н., Климанова О.А., Хазиева Е.С. Глобальные базы данных земельного покрова и перспективы их использования для картографирования современных ландшафтов // Известия РАН. Серия географическая/ 2017, №1, с. 126-139. DOI: 10.15356/0373-2444-2017-1-110-123 EDN: YHCURJ
4. Global Ecological Zones (second edition) [Электронный ресурс]. – <https://data.apps.fao.org/catalog/dataset> (дата обращения: 11.05.2024).
5. ESA CCI LC [Электронный ресурс]. – <https://ceos.org/gst/cci-lc.html> (дата обращения: 11.05.2024).
6. М.В. Беляева, О.В. Андреева, Г.С. Куст, and В.А. Лобковский. Опыт оценки динамики деградации земель юга европейской части России с использованием методологии нейтрального баланса деградации земель // Экосистемы: экология и динамика, том 4, №3, 2020, с. 145-165. DOI: 10.24411/2542-2006-2020-10066 EDN: AWQTRJ

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИЗУЧЕНИИ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ СИСТЕМ

УДК 911.3

Т.М. Гусейнова, huseynova-turana@mail.ru

Институт Географии имени акад. Г.А.Алиева. Баку, Азербайджан

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ БОЛЬШОЙ КAVКАЗСКОЙ ОБЛАСТИ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ)

В статье проанализированы основные показатели качества жизни населения региона Большого Кавказа. Среди факторов, влияющих на формирование качества жизни населения исследуемой территории, жилищные условия, показатели образования и здоровья, и на основе этих показателей был проанализирован Индекс человеческого развития по регионам.

Ключевые слова: качество жизни, образование, здоровье, валовой национальный доход, индекс человеческого развития

Turana M. Huseynova, huseynova-turana@mail.ru

Institute of Geography, Baku, Azerbaijan

THE MAIN INDICATORS OF THE QUALITY OF LIFE OF THE POPULATION (IN THE EXAMPLE OF THE GREATER CAUCASUS PROVINCE OF THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN)

The article analyzes the main indicators of the quality of life of the population of the Greater Caucasus region. Among the factors influencing the formation of the quality of life of the population of the study area are living conditions, education and health indicators, and on the basis of these indicators the Human Development Index was analyzed by region.

Keywords: living quality, education, health, the Gross National Income, Human Development Index

Introduction. The quality of life and human development – these concepts are substantial characteristics of contemporary approaches to the challenges of economic growth and development of society. The quality of life in contemporary quality concepts means the integrated characteristics of social-economic, political and living conditions and social status of a person. State policy in the field of regulating population's quality of life and living standards is the basis of creating totally new work force, essential needs in material wealth, life quality and working conditions indicators. The main criteria define specifics of human development and social wellbeing of the population. To evaluate the quality of life of the population we use the statistical analysis of the United Nations (UN), Human Development Index (HDI) [2].

Material and methodology. The article of the UN's development programs, the evaluation of the level of living, the World Bank and Human Development reports as well as the works of scientists conducted research on economic and social fields have been used. Research work includes statistical, comparative analysis, system-structural, cartographic, etc. methods.

Discussion. One of the key elements of the socio-economic development of society is the quality of life and its high standard of living. As for the quality of life, material benefits to meet the social needs of the population, the level of services provided as well understood. The quality of life is a key indicator that characterizes and evaluates the socio-economic development of each state. The main purpose of the social policy of improving the quality of life, ensuring social welfare, quality of service industries (particularly education, health etc.) must be raised. Since the 70s to the

present time, the concepts of “living conditions”, “living standards”, “quality of life”, “quality of life”, “Human Development Index” and “human capital” have been widely used in evaluating the level of development of the state [7]. In modern times, while exploring the quality of living of the population access to health care and treatment, employment, housing, access to education, family and social relations, housing and service sectors, leisure and culture is very important in the analysis of quantitative and qualitative aspects [6].

The Greater Caucasus natural-economic region has favorable economic and geographical position in the north and northeast of the Republic of Azerbaijan. Its territory covers 27.8 thsd sq.km and covers 32.1% of the country's territory (86,6 thsd sq.km). According to 2022 statistics data, the population of the region is 4373,2 thousand people [1], which is 43,4% of the country's population (10067,1 thousand people). Due to big internal differences it is divided into the following economic regions: Absheron, Sheki-Zagatala, Guba-Khachmaz, Mountainous Shirvan (Table).

Table

Territories and population of economic regions in Greater Caucasus region

Economic regions	Area		Population in thousand person (2022)					
	Territory, thsd.sq.km	Share in country, %	Total	Share in country, %	Urban population	Special weight, %	Rural population	Special weight, %
Absheron	5.87	6.8	2869,6	28,5	2822,8	53,1	46,8	0,1
Sheki-Zagatala	8.84	10.2	626,7	6,2	174,7	3,3	452,0	9,5
Guba-Khachmaz	6.96	8.0	554,7	5,5	183,4	3,5	371,3	7,8
Mountainous Shirvan	6.13	7.1	322,2	3,2	110,3	2,1	211,9	39,9
Great Caucasus eco.r	27.8	32.1	4373,2	43,4	3291,2	62,0	1082,0	22,7
Azerbaijan Republic	86.6	100	10067,1	100	5312,0	52,9	4755,1	47,1

Source: The table is calculated based on demographic indicators (“Azerbaijan Demographic Indicators – 2020”)

This table lists the territory and population of the economic regions entering the region. It also shows the number of urban and rural population and their specific weight. As can be seen from the table, 53,1% of the urban population is concentrated in the Absheron economic district. The main reason is the location of the capital Baku. The population density in Baku is 1057 people per square meter. In other economic regions, the rural population is more than the urban population. The population density in economic regions varies between 50 and 100. In remote mountain villages, the population is less populated.

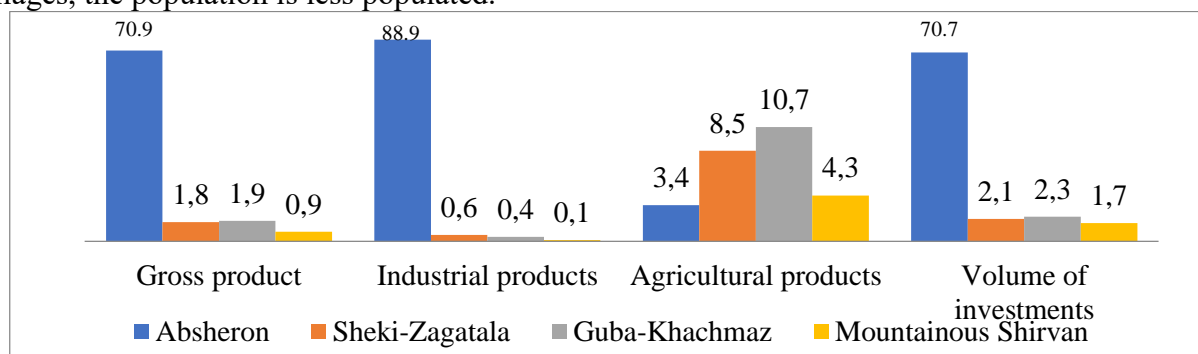


Fig. 1. Specific weight in country's indicators of Greater Caucasus region

There are a lot of variances in territorial organization of the industrial areas and agricultural areas in the country. 89% of the industrial products produced in the country, 71% of the main production funds, 70% of volume the investments are located in Absheron economic region. Agriculture is the basis of the economy of other economic regions. Thus, the economic resources are unevenly distributed across regions, and as a result there is a sharp difference in the levels of

economic development across the regions. Especially, most of the industry and infrastructure are concentrated in Baku. As a result, there was a flow of people from the regions to the capital.

Improving the quality of life of the population is one of the main goals of the social policy of each country. State programs are being implemented in the country, as well as in the regions, aimed at improving the social sphere, living standards and quality of life. As with other areas in recent years, significant improvements have taken place in this area. The new hospitals, health centers, schools, gardens, hotels, resort areas built in regions may be examples of it. At the same time, the serious and major projects carried out in connection with the provision of housing for population, these projects mainly aimed to solve the problems of housing of war veterans and disabled. It is important to create housing and utilities to improve the living standards of the population [9].

Development of education and science is one of the directions of country's strategic development of the country. The majority of the population in the region is in general secondary education. In Absheron the majority of the population is educated. The main reason is that the majority of the population is concentrated in Baku. In addition, most of the universities are located here.

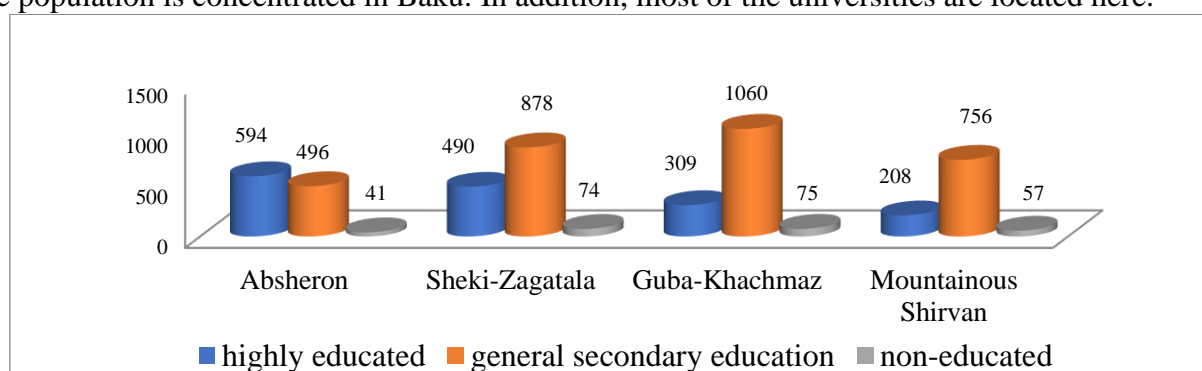


Fig. 2. Education level in Greater Caucasus region

Development of education and science is one of the directions of country's strategic development of the country. The country has a very strong scientific potential. Recently, the number of private higher education institutions is rapidly increasing in republic. The majority of the population in the region is in general secondary education. In Absheron the majority of the population is educated. The main reason is that the majority of the population is concentrated in Baku. In addition, most of the universities are located here.

Health is the greatest blessing and is one of the key factors characterizing its human development indicators. The use of various indicators characterizing health depends, first of all, on the level of development of the countries and consequently, the health problems facing the country. Recently, along with the average life expectancy, another indicator is used to characterize longevity. This is the expected life expectancy. Life expectancy is calculated for those born in each particular year and is one of the most modern statistical indicators. The life expectancy in the Republic of Azerbaijan is 71.9 years, which is quite high.

Knowledge is the basis of successful development. Its creator, carrier, and implementer are human. For this reason, education, which is the most important factor for knowledge acquisition, plays a special role in the evaluation of sustainable human development. This indicator is high in Azerbaijan and is at the level of developed countries. In some cases, the number of people engaged in scientific activities in the country may be taken into account when evaluating human development [4].

The most important indicator used in the assessment of human development and the calculation of various coefficients for this purpose is the amount of per capita income in the country. It is usually shown as per capita gross domestic product (GDP). To determine the differences between countries and to make comparisons based on a single indicator, it is accepted that in international practice income is expressed in US dollars for all countries [8].

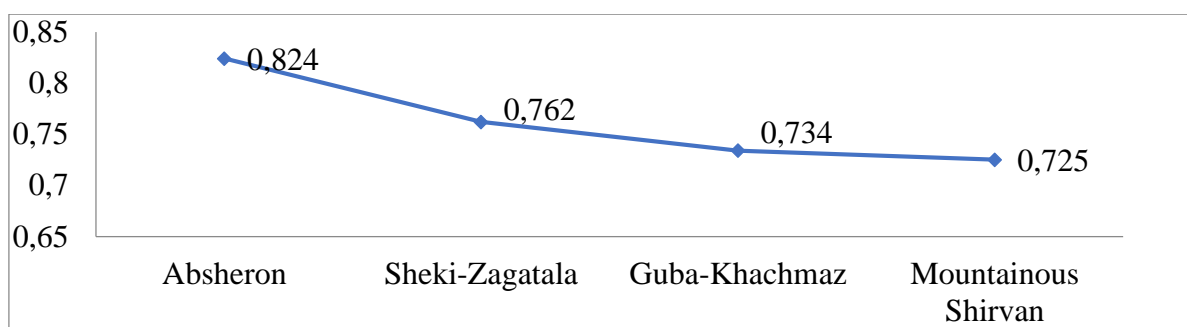


Fig. 3. List of economic regions of Greater Caucasus region by HDI, 2022

These high indicators of the welfare of the Azerbaijani population became possible thanks to the implementation of a number of important state programs implemented in the country over the last decade. Thus, the opportunities created for the personal development of people as a result of purposeful state policies aimed at improving the welfare of the population in the Republic of Azerbaijan hope that Azerbaijan will achieve even greater progress on the road to human development.

Conclusions. Baku and the Absheron economic region, which comprises only 5% of the country's territory, account for at least 75-80% of the country's economy. There have always been sharp differences in the level of socio-economic development between Absheron where Baku is also located and other economic regions of the country. With further development of social and communal infrastructure in rural areas, population migration should be reduced. In all regions of Azerbaijan, as well as in the Greater Caucasus natural economic region, State programs are being implemented to improve the quality of life of the population.

References

1. Azerbaijan Demographic Indicators. Baku, SSC, 2022, 532 p.
2. Elizabeth A. Stanton. The Human Development Index, February, 2007.
3. Human Development Report 2010, 20th Anniversary Edition.
4. Human Development Indices and Indicators, Statistical Update, 2018.
5. Julian Barnes. Level of life. 9th Edition. 2015.
6. Living Standards Assessment Report, Azerbaijan, 2010.
7. United Nations Development Program "Human Development", Baku, 2014.
8. World Bank, World Development Report 2017.
9. Huseynova T.M. The role of the demographic factor in the formation of the quality of life in the Republic of Azerbaijan, on the example of the Greater Caucasus natural region. // International Demographic Forum: meeting materials, Voronezh, 2020, pp. 177-181.

Н.Ю. Заляза¹, А.С. Лучников², zalyaza2001@mail.ru

¹Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

²Пермский государственный национальный исследовательский университет
г. Пермь, Россия

ИЗУЧЕНИЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ В ПРИВОЛЖСКОМ ОКРУГЕ МЕТОДАМИ ЦИФРОВОЙ ГЕОГРАФИИ

В статье рассматриваются результаты исследования особенностей территориально-отраслевого развития черной металлургии в Приволжском федеральном округе на основе применения методов пространственного анализа с использованием ГИС-технологий. На первом этапе выделяются и характеризуются межрегиональные кластеры по технико-экономическим особенностям развития отрасли. На втором этапе определяются зоны технологического-производственной активности отрасли по точечным объектам вне границ регионов.

Ключевые слова: черная металлургия, Приволжский федеральный округ, пространственный анализ, межрегиональные кластеры, территориальная дифференциация

N. Zalyaza¹, A. Luchnikov², zalyaza2001@mail.ru

¹Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

²Perm State University, Perm, Russia

STUDYING THE TERRITORIAL DIFFERENTIATION OF FERROUS METALLURGY IN THE VOLGA DISTRICT USING DIGITAL GEOGRAPHY METHODS

The article discusses the results of a study of the characteristics of the territorial and sectoral development of ferrous metallurgy in the Volga Federal District based on the use of spatial analysis methods using GIS technologies. At the first stage, interregional clusters are identified and characterized according to the technological and economic features of industry development. At the second stage, zones of technological and production activity of the industry are determined by point objects outside the boundaries of the regions.

Keywords: ferrous metallurgy, Volga Federal District, spatial analysis, interregional clusters, territorial differentiation

Введение. В настоящее время для большинства регионов Приволжского федерального округа (ПФО) черная металлургия не является специализированным видом экономической деятельности, но благодаря существенной трансформации факторов размещения предприятий, а также технологическим и организационным инновациям в условиях распространения постфордизма данная отрасль становится важнейшей базой развития различных видов машиностроения, химической промышленности, промышленности стройматериалов и других современных индустрий.

Цель исследования – выявить особенности территориальной (кластерной) дифференциации черной металлургии в пределах Приволжского округа на современном этапе на основе учета технико-экономических показателей работы предприятий.

Методика исследования. Для достижения цели был осуществлен пространственный кластерный анализ с использованием специализированного программного обеспечения GeoDA. Его преимущество заключается в дифференциации исходных данных на поддающиеся интерпретации группы, где элементы, входящие в одну группу, были бы максимально схожи, а элементы из разных групп максимально отличны друг от друга по выбранному одному или

нескольким критериям. Фрагментация территории была произведена на основе сетки административно-территориального деления России. Для разбивки субъектов в составе ПФО на отдельные кластеры был использован метод k-средних [5].

В качестве переменных были использованы следующие показатели (2019–2023 гг.): доля числа сотрудников и доля суммарной выручки предприятий черной металлургии в отдельно взятом субъекте (в сравнении с ПФО, %), а также значение индекса рыночной концентрации Херфиндаля-Хиршмана (ННІ), позволяющее оценить степень технологической диверсификации отрасли в пределах конкретного региона. Данные получены нами на основе использования сайтов-сервисов проверки предприятий Rusprofile.ru и List.org.

Результаты и их обсуждение. Кластеризация субъектов была осуществлена с наложением ограничений пространственной матрицы соседства, т.е. субъекты в составе какого-либо кластера должны иметь единую границу. В результате субъекты ПФО были разделены на 5 межрегиональных кластеров на основе заданных переменных (рис. 1).

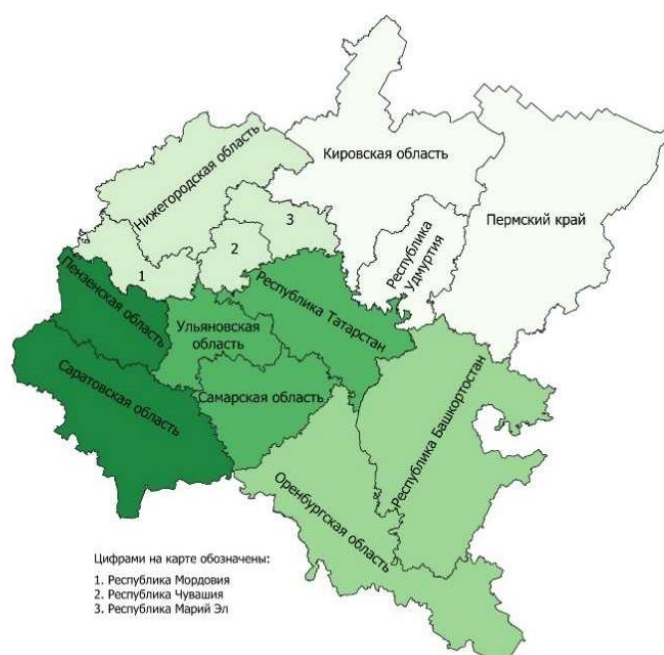


Рис. 1. Кластеризация субъектов ПФО на основе технико-экономических показателей развития черной металлургии (выполнен авторами)

Юго-восточный кластер объединяет Оренбургскую область и Республику Башкортостан. Он характеризуется низким уровнем технолого-отраслевой диверсификации. При этом для него характерны значимые трудовые и экономические показатели функционирования черной металлургии за счет наличия крупного предприятия (комбината полного цикла, единственного в округе).

В *юго-западной части* ПФО единый кластер образуют Пензенская и Саратовская области. Он характеризуется равномерностью распределения доли занятых. Отраслевая структура представлена предприятиями верхних переделов, отличающихся сравнительно невысокой мощностью производственных площадок.

Республика Татарстан, Ульяновская и Самарская области объединены в *центральный кластер* с самым высоким внутриотраслевым разнообразием предприятий, ориентированных преимущественно на машиностроительный комплекс и связанных с современными технологиями в отечественной черной металлургии (электрометаллургия, порошковая металлургия, литейные производства, инновационный трубопрокат).

Ярко выраженный центр-периферийный тренд характерен для кластера, сформированного на западе ПФО. В качестве ядра выступает Нижегородская область – один из крупнейших производителей продукции металлургии и машиностроения в европейской части России. В него также входят национальные республики, где представлены небольшие предприятия с узким рынком сбыта продукции (преимущественно литейные площадки), технологически связанные с машиностроительными производствами Поволжья и Центральной России.

Высоким уровнем внутриотраслевого разнообразия отличается *северо-восточный кластер*. В его состав входят субъекты, обладающие тесными технологическими связями с предприятиями Среднего и Южного Урала. Исключением является Кировская область, технологически более тяготеющая к Среднему Поволжью. Здесь во многом металлургический комплекс выполняет снабженческую функцию для предприятий ОПК.

Таким образом, ядрами кластеров выступают субъекты с развитой специализацией на машиностроении. В свою очередь, в территориальном аспекте в пределах ПФО прослеживается тенденция к децентрализации отраслевого ландшафта через тяготение регионов со значительным вкладом в черную металлургию к соседним традиционным ареалам развития отрасли (например, Пермский край, Республика Удмуртия и Башкортостан ориентируются на Уральский промышленный ареал [2; 4]; Нижегородская область – на Центральный). Таким образом, самостоятельного ареала развития отрасли в пределах ПФО нет. Его регионы выступают буферной зоной между уже сложившимися металлургическими ареалами страны, что подтверждают наши предыдущие исследования [3].

С целью более корректного анализа особенностей развития территориально-отраслевой структуры черной металлургии в пределах ПФО был использован метод полигонов Вороного (Тиссена), суть которого заключается в определении зон близости точечных объектов [1].

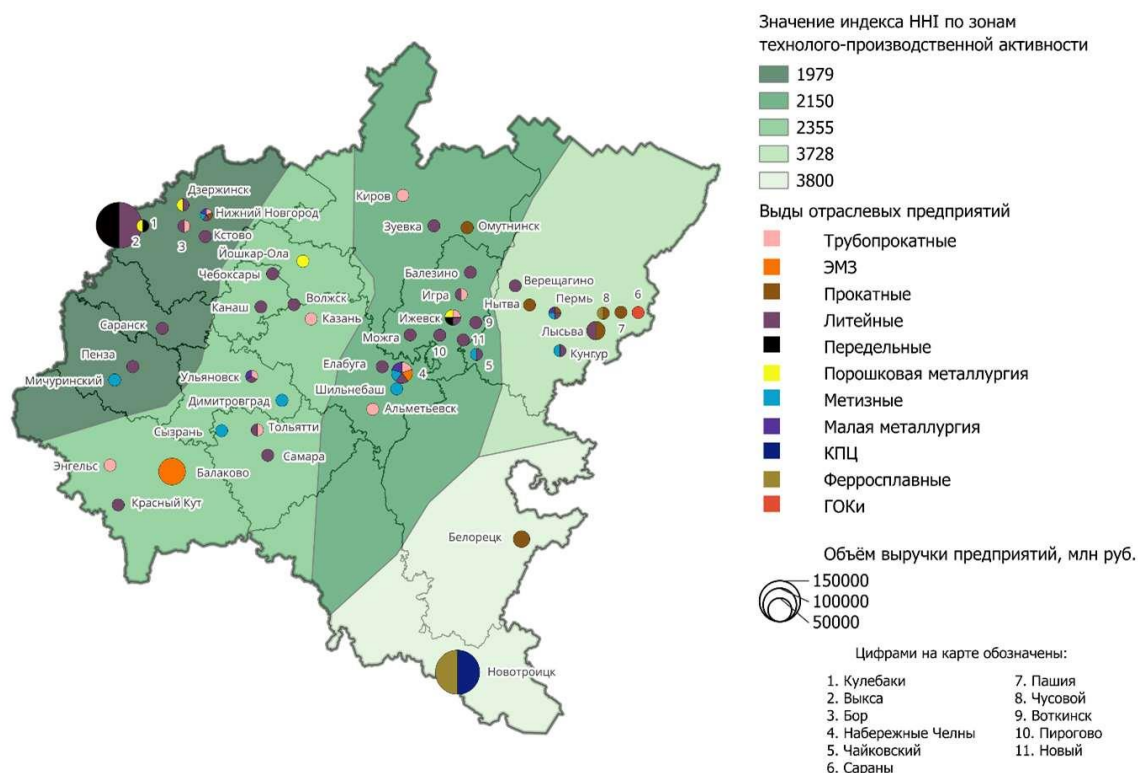


Рис. 2. Зоны технологическо-производственной активности, выделенные на основе построения полигонов Вороного (Тиссена) (составлено авторами)

Первоначально была произведена кластеризация методом k-средним для точечного слоя, содержащего в себе информацию о местоположении производственных объектов. В начале работы алгоритма выбираются k случайных центров. Каждый объект выборки относят к тому кластеру, к центру которого объект оказался ближе. Центры кластеров подсчитывают как среднее арифметическое векторов признаков всех вошедших в этот кластер объектов, т.е. центр масс кластера. Далее объекты заново перераспределяются по кластерам, а затем можно снова уточнить положение центров. Процесс продолжается до тех пор, пока центры кластеров не перестанут меняться. Для слияния полученных полигонов Вороного в укрупненные кластеры было произведено объединение по признаку на основе результатов кластеризации точек на предыдущем этапе. В итоге были выделены границы 5 зон технологического-производственной активности (концентрации) в пределах ПФО (рис. 2).

Наибольшим уровнем диверсификации отрасли обладает Западное Приволжье, где в качестве ядер выступают предприятия Нижегородской области. Данная территория формирует основной рынок занятости в металлургическом секторе, а также вносит весомый вклад в экономическое развитие субъектов (табл.).

Таблица

Зоны технологического-производственной активности черной металлургии ПФО

Зона технологического-производственной активности	Доля сотрудников, %	Доля выручки, %	Значение ННП
Урало-Белорецкая	28,78	30,77	3800,00
Средняя Кама	10,60	9,72	3728,00
Средняя Волга	4,83	13,43	2354,57
Вятско-Камско-Волжское междуречье	30,70	13,06	2150,00
Западное Приволжье	25,10	33,02	1978,96

Среднее Поволжье также отличается высоким уровнем внутриотраслевого разнообразия. Здесь сформировалась зона, представленная предприятиями верхних стадий отраслевого энергопроизводственного цикла. При этом удаленность от Центрального и Уральского промышленных ареалов черной металлургии влияют на снижении их роли в отрасли по сравнению с другими регионами (табл.).

Крупнейшей по объемам деятельности является Урало-Белорецкая зона, сформировавшаяся вдоль юго-восточной границы ПФО. В ее пределах размещены всего два отраслевых предприятия. Рентабельность производств поддерживается за счет близости к сырьевым ресурсам, расширения сортамента выпускаемой продукции, а также функционированию в составе крупных холдинговых структур.

Сравнительно высокий уровень диверсификации характерен для Среднекамской зоны, практически полностью занимающей площадь Пермского края. Ее предприятия обладают тесными историческими и экономическими связями со Средним и Южным Уралом, что подтверждает фрагментацию отраслевого пространства ПФО, его сложность и неоднородность.

Увеличение внутриотраслевого разнообразия при удалении от приграничных территорий к географическому центру свидетельствует об увеличении концентрации сравнительно небольших по мощности предприятий верхних переделов. Это характерно для зоны Вятско-Камско-Волжского междуречья. В отраслевой структуре здесь свое развитие получили в основном предприятия с преобладанием литейных и метизных технологий.

Таким образом, отраслевой ландшафт черной металлургии ПФО отличается неравномерностью. Зоны на востоке ПФО характеризуются наиболее низким уровнем диверсификации производств, что свидетельствует о периферизации пространства. Напротив, более высоким уровнем внутриотраслевого разнообразия отличаются зоны на западе и в центре ПФО, активнее интегрированные в рыночно-сбытовые процессы и межотраслевые взаимодействия между регионами Поволжья и Центральной России.

Библиографический список

1. Геоинформационные системы: методы пространственного анализа: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.Н. Шихов, Е.С. Черепанова, С.В. Пьянков. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2017. 88 с. ISBN: 978-5-7944-2956-5 EDN: YNLNLT
2. Заляза Н.Ю. Фрагментация промышленных ареалов чёрной металлургии России в контексте распространения современных форм организации хозяйства (на примере Уральской металлургической базы) // I Белорусский географический конгресс: материалы междунар. науч.-практ. конф. Минск, 2024. Ч. 2. С. 107-114. EDN: BGT MAD
3. Заляза Н.Ю., Лучников А.С. Территориальная дифференциация черной металлургии России на современном этапе (региональный уровень) // Современная Евразия: общественно-географический анализ: материалы междунар. науч. конф. Улан-Удэ, 2023. С. 204-208. EDN: ISTHXS
4. Лучников А.С., Заляза Н.Ю. К вопросу о территориальной дифференциации чёрной металлургии в пределах Уральской базы // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2022. Т. 8. №3. С. 171-180. EDN: JVJCAA
5. Окунев И.Ю. Основы пространственного анализа / Московский государственный институт международных отношений (Университет) МИД России. М., 2022. 255 с.

РОЛЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ГРАНИЦ ГОРОДСКИХ МИКРОРАЙОНОВ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ПЕРМИ)

В статье рассматриваются подходы к выделению границ микрорайонов города. Уделяется внимание особенностям выделения границ на геоинформационных и картографических ресурсах. Раскрываются проблемы выделения границ микрорайонов г. Перми.

Ключевые слова: цифровые технологии, город, микрорайон, границы, принципы и проблемы выделения границ.

M. Ivanova, S. Volkov, ivmary@mail.ru, deni.volk00@gmail.com
Perm State University, Perm, Russia

THE ROLE OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN DETERMINING THE BOUNDARIES OF URBAN MICRODISTRICTS (BASED ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF PERM)

The article discusses approaches to identifying the boundaries of city microdistricts. Attention is paid to the peculiarities of identifying boundaries on geoinformation and cartographic resources. The problems of identifying the boundaries of microdistricts in Perm are revealed.

Keywords: digital technologies, city, microdistrict, borders, principles and problems of boundary identification

Современные города выступают фокусами пространственного развития. При этом городское пространство непрерывно меняется и развивается под влиянием процессов, происходящих в обществе. Внутренняя административно-территориальная структура городов подразделяется на три уровня: административный район, микрорайон и квартал. При этом административные районы и кварталы имеют чёткие границы, а микрорайоны – нет. В результате возникают сложности обособления микрорайонов города. Выделение границ микрорайонов – важный шаг к устойчивому развитию города, созданию эффективной системы стратегического планирования и управления территорией, обеспечению удовлетворения потребностей населения, проживающего в разных микрорайонах.

Разработка подходов к выделению границ микрорайонов г. Перми с учётом планировочных и территориальных факторов, таких как особенность застройки, наличие естественных и антропогенных барьеров, уникальные характеристики территории, является актуальной задачей, имеющей теоретическую и практическую значимость для совершенствования территориального планирования и развития комфортной городской среды.

В соответствии с нормативными правовыми актами РФ, микрорайон – это структурный элемент жилой застройки, ограниченный магистральными или жилыми улицами, проездами, естественными рубежами, в пределах которого размещаются учреждения повседневного пользования [7].

Под «городским микрорайоном» мы предлагаем понимать отдельный сегмент селитьбы города, ограниченный или разделённый автомобильными магистральными или жилыми улицами, железнодорожными путями, транспортно-складскими и промышленными предприятиями, естественными рубежами (долины рек, овраги, холмы, леса и т.д.), различными формами товариществ (СНТ – садовое некоммерческое товарищество, ДНТ – дачное некоммерческое товарищество, СТ – садоводческое товарищество и т.п.), крупными зелёными про-

странствами, и/или границами города, в котором организовано полное-базовое повседневное культурно-бытовое обслуживание населения (школа; детский сад; поликлиника; зелёные пространства; транспортная сеть; обслуживающая и спортивная инфраструктура) [1].

При анализе территориальной структуры г. Перми было выявлено, что город обладает динамическими характеристиками городского развития. Это приводит к оторванности новых территорий от старых городских ядер, провоцируя расчленённость селитебной среды и создавая проблемы проведения границ городских микрорайонов.

Городской микрорайон как правило состоит из совокупности функциональных элементов. При этом существует разница функционала в рамках контактных городских микрорайонов и в целом всех микрорайонов города. Взаиморасположение таких функциональных элементов в какой-то степени носит хаотичный характер и, собственно, в территориальной структуре каждого микрорайона они располагаются по-разному. В зависимости от этого в некоторых секторах города часть функциональных элементов может отсутствовать.

В определении границ микрорайонов большую роль играют естественные и искусственные территориальные барьеры. Которые при определённой конфигурации и неблагоприятных условиях не могут способствовать тому, чтобы разные части города объединялись в одно единое пространство с центрами притяжения в роли бытовых, общественных, социально-культурных и других функциональных элементов.

Таким образом, проблема интеграции основных функций городской жизни во всё пространство города как разросшейся структуры может рассматриваться через формирование определённых морфотипов организации пространства. Этими морфотипами могут выступать микрорайоны, сформировавшиеся как отдельные территориальные единицы.

Эмпирической базой для выявления границ микрорайонов послужили нормативные правовые документы по выделению и наименованию жилых районов города 1986 г., по описанию границ микрорайонов с целью расчёта стоимости одного гектара территории 1989 г., два генеральных плана 2010 г. и 2023 г., а также картографические и геоинформационные ресурсы (Яндекс Карты, 2ГИС, OSM, Wikimapia; MAPS.ME и др.) [2; 3; 4; 5; 6]. Было выявлено, что во всей совокупности источников нет общих подходов и принципов к выделению микрорайонов, в каждом из них количество выделяемых микрорайонов разнится. Если говорить о границах микрорайонов, то каждая сетка обладает своей уникальной системой границ.

При анализе территориальной организации г. Перми в рамках существующих схем микрорайонов было выявлено, что в разных схемах выделялось от 78 до 106 микрорайонов в относительно разных границах.

Нами была предложена авторская методика, которая предполагает учитывать при выделении границ городских микрорайонов семь принципов: 1) селитьбы, как основы микрорайона; 2) вынос крупных промышленных предприятий, городских лесов и садовых товариществ за границы микрорайонов; 3) учёт территориальных барьеров при проведении границ; 4) обеспечение повседневного обслуживания населения; 5) территориальной общности людей; 6) непрерывности; 7) целостности.

С целью обнаружения проблемных сторон при делении города на микрорайоны введём понятие «территориальный барьер», под которым будем понимать территориальные элементы городской среды, создающие препятствия для людей, усложняя процесс перемещения из одной части города в другую, действующие в качестве преграды между двумя или несколькими микрорайонами.

При делении города на микрорайоны наиболее проблемными и вызывающими множество вопросов являются естественные рубежи. Их положение во многом обуславливает систему обслуживания, транспортное сообщение между территориями города, способы перемещение населения и т.п. К естественным рубежам относятся три категории. Лесные массивы по периметру окружают селитебную зону города, создавая участки разрывов между жилыми территориями, в связи с чем получают статус барьеров и одновременно отсчётных точек для выделения микрорайонов. Долины малых рек являются территориальными барье-

рами во многом из-за плохого благоустройства их территорий, как общественных пространств. Особо охраняемые природные территории (ООПТ), расположенные внутри города, пересекают в некоторых секторах селитебную зону. В результате, возникают вопросы по выделению границ микрорайонов, расположенных в непосредственной близости к ним.

На основе комплексного анализа генеральных планов г. Перми, картографических и геоинформационных ресурсов, а также нормативных правовых документов нами было выделено четыре основных проблемы внутреннего единства микрорайонов.

Первая проблема связана с неоднородностью принципов выделения границ городских микрорайонов. Это характеризуется многообразием различных сочетаний функциональных зон, исходя из чего, возникает диспропорция функционального содержания между микрорайонами.

Вторая проблема связана с несоблюдением принципа территориальной целостности, который базируется на идее сохранения единства и целостности городской территории, обеспечении доступности социальных услуг, инфраструктуры для всех жителей микрорайонов. Следовательно, не должно происходить деление единой исторически сложившейся ТОС на совокупность таксономических единиц по функциональным признакам.

Третья проблема связана с несоблюдением принципа непрерывности, предусматривающим, что каждый объект должен быть отнесён к какому-либо классу, и в сетке районов не должно быть «белых пятен». Суть данной проблемы заключается в том, что вся селитебная зона в рамках города должна быть отнесена к какому-либо микрорайону.

Четвёртая проблема связана с наименованием микрорайонов именами линейных или точечных объектов. На наш взгляд, микрорайоны нельзя называть также, как улицы, двойными названиями, определяющими функционал, и названиями других прилегающих объектов к микрорайону, ни с точки зрения исторических особенностей территорий, ни с точки зрения вернакулярных районов.

Кроме перечисленных проблем внутреннего единства микрорайонов необходимо выделить проблемы, связанные с принципами проведения границ и учётом барьерных параметров. К ним относятся три категории: естественные рубежи (лесные массивы, долины малых рек, ООПТ); искусственные рубежи (железнодорожные магистрали, промышленные предприятия); территории садовых товариществ, бывших деревень и коттеджных посёлков. Эти барьеры определяют возможности организации системы обслуживания, транспортного сообщения и проницаемости между территориями города, способов передвижения населения и т.п.

На основе изложенных принципов и выявленных проблем формирования границ нами была составлена новая схема, включающая 99 микрорайонов г. Перми.

Заложенные принципы помогли решить проблемы внутреннего единства микрорайонов, связанные с особенностями функционального зонирования города. Проблемы, связанные с промышленными предприятиями и садовыми товариществами при преобразовании схемы микрорайонов, были решены посредством исключения их из территории соответствующих микрорайонов. Лесные массивы, железнодорожные магистрали выступали в качестве окраинных территориальных барьеров, поэтому по ним было предложено проводить большую часть границ микрорайонов.

Отдельное внимание было уделено долинам малых рек, так как в ряде случаев их территории включались в микрорайоны. Исключениями являются долины рек Пермьянка, Светлужка, Стикс, Гарюшка и участок долины реки Данилиха, от экстрим-парка до её устья, т.к. они протекают в коллекторах, следовательно, могут быть включены в состав микрорайонов. При рассмотрении ряда других случаев, возникали вопросы проведения их границ. Их удалось решить с учётом принципа целостности и опорой на историю формирования территории данных микрорайонов.

Проблемы, связанные с ООПТ, решались исходя из их связности с прилегающими микрорайонами, функциональным назначением и географическим положением. Таким образом, полностью вошли в состав соответствующих микрорайонов: охраняемый ландшафт

«Утиное болото» – в микрорайон Закамск; охраняемый ландшафт «Новокрымский пруд» – в микрорайон Новый Крым; историко-природный комплекс «Сад им. А.М. Горького» – в микрорайон Центр; Ботанический сад им. профессора А.Г. Генкеля Пермского государственного университета – в микрорайон Заимка. Частично вошли в состав соответствующих микрорайонов: историко-природный комплекс «Сосновый бор» – в микрорайон Закамск; охраняемый природный ландшафт «Черняевский лес» – в микрорайоны Верхние Муллы, Балатово, Светлый, ДКЖ и Парковый.

Для решения проблемы, связанной с территориями бывших деревень и коттеджных посёлков, расположенных на расстоянии от основной селитебной зоны с минимальным инфраструктурным обеспечением и интеграцией функций городской жизни, нами было введено понятие «микрорайоны-спутники». К этой категории нами было отнесено 34 городских микрорайона. Главными обоснованиями для привязывания микрорайонов-спутников к микрорайонам являются их историческая связь и географическое положение.

Внутренние границы микрорайонов – это подвижные территориальные единицы, выстраивание которых происходит под влиянием множества признаков. Поэтому в рамках преобразования сеток микрорайонов главными составляющими для их проведения являлись баланс элементов инфраструктурного обеспечения микрорайона и исторические особенности проведения границ каждого отдельного микрорайона.

Планировочная структура г. Перми должна стремиться к сохранению относительно упорядоченных взаимосвязей между основными элементами города в процессе его территориального роста и контролю за интеграцией во всё пространство города основных функций городской жизни.

Библиографический список

1. Волков С.А., Иванова М.Б. Подходы к преобразованию понятия микрорайон // Сборник материалов I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти профессора Михаила Дмитриевича Шарыгина. 2023. С. 73-76.
2. Постановление Администрации города Перми от 20 октября 2021 г. №918 «Об утверждении муниципальной программы «Обеспечение жильем жителей города Перми»» // Гарант: информационно-правовой портал.
3. Постановление Правительства Пермского края от 30.12.2022 № 1175-п «О внесении изменений в решение Пермской городской Думы от 17 декабря 2010 г. № 205 «Об утверждении Генерального плана города Перми» // Каталог органов власти Пермского края.
4. Решение Пермского городского совета народных депутатов от 12.06.1986 №377 «О границах и наименовании жилых районов города» // Гарант: информационно-правовой портал.
5. Решение Пермской городской Думы от 17.12.2010 №205 «Об утверждении Генерального плана города Перми» // Гарант: информационно-правовой портал.
6. Решение Пермской городской Думы от 25 августа 2015 г. №150 «О принятии Устава города Перми» // Муниципальное образование город Пермь.
7. СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов.

**ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
В ЗОНИРОВАНИИ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ
(НА ПРИМЕРЕ ДЕЛИМИТАЦИИ БОЛЬШОГО ЦЕНТРА)**

В данной статье рассматриваются возможности применения геоинформационных технологий (ГИС) для зонирования городских территорий, с акцентом на делимитацию большого центра. Оцениваются методы и проблемы использования ГИС в решении задач общественной географии.

Ключевые слова: зонирование, город, большой центр, геоинформационные технологии

V. Karabatov, karabatov2013@mail.ru

Perm State University, Perm, Russia

**THE POSSIBILITIES OF USING GEOINFORMATION TECHNOLOGIES
IN THE ZONING OF URBAN AREAS (USING THE EXAMPLE
OF THE DELIMITATION OF A LARGE CENTER)**

This article discusses the possibilities of using geoinformation technologies (GIS) for zoning urban areas, with an emphasis on the delimitation of a large center. The methods and problems of using GIS in solving problems of public geography are evaluated.

Keywords: zoning, city, large center, geoinformation technologies

Постановка проблемы. В настоящее время города сталкиваются с множеством вызовов, связанных с их ростом и развитием. Одним из ключевых аспектов управления городскими территориями является внутригородская делимитация – процесс определения границ между разными частями города.

Внутригородская делимитация имеет большое значение для градостроительства и управления городом. Определение границ зон (историческое ядро, зона, примыкающая к ядру, внешняя зона [3]) позволяет лучше планировать городскую инфраструктуру, транспортные системы и другие аспекты городского развития. Это также способствует улучшению качества жизни горожан путём оптимизации распределения ресурсов и услуг.

Однако стоит отметить, что чёткого обоснования проведения границ зон найти практически невозможно. Геоинформационные технологии в данном случае играют важную роль, предоставляя инструменты для анализа, визуализации и управления пространственной информацией.

Методы и источники данных. В рамках данного исследования мы останавливаемся на рассмотрении делимитации больших центров городов с применением геоинформационных технологий. Понятие «большой центр» является синонимом понятия «центральная зона», в которую входит историческое ядро и зона, непосредственно примыкающая к нему.

ГИС создают широкий спектр инструментов и методов для анализа пространственных данных и принятия обоснованных решений. В процессе делимитации центральных зон городов мы использовали ГИС-технологии поэтапно.

1 этап – сбор данных. На первом этапе ранее выделенные экспертным путём границы больших центров [2] с помощью программного обеспечения ArcGIS были оцифрованы и разделены на сегменты следующих типов: разделительные, контактные, ограничительные, проблемные. Типы выделялись с опорой на подходы Е.Г. Анимицы и М.Д. Шарыгина к классификации границ по функциям [1].

2 этап – анализ и моделирование. По нашему мнению, вопросы обоснованности проведения границ большого центра наиболее часто возникают в пределах сегментов контактного и проблемного типов. Одним из признаков наличия границы на таких участках, на наш взгляд, является «всплеск» функций, то есть увеличение концентрации на единицу территории функций, которые в целом свойственны центральным зонам городов. Для проверки данного предположения вдоль данных сегментов границ были выделены кварталы (по линиям внутридворовых проездов 1-ого порядка как со стороны центральной, так и со стороны внешней зон), в рамках которых были учтены объекты социальной инфраструктуры – маркеры центральных функций городов, данные о которых были получены с сервиса OpenStreetMap [4] ещё на 1-ом этапе. Сделано это было с помощью операции пересечения слоев в ArcGIS. После этого был получен новый слой, атрибутивная таблица которого включала в себя отдельные записи объектов социальной инфраструктуры по каждому из исследуемых кварталов. После суммирования значений объектов по каждому кварталу необходимо рассчитать плотность объектов социально инфраструктуры.

3 этап – визуализация. Для обеспечения наглядности итоговые результаты анализа были преобразованы в таблицы (табл.) и отображены на картосхемах (рис.).

Таблица

Распределение объектов социальной инфраструктуры в кварталах
вдоль границ большого центра Перми

Тип границы*	П		П		К		К		П	
Внутренние кварталы										
Номер квартала	0	11	7	13	8	15	4	17	2	18
Объекты социальной инфраструктуры, ед.	9	4	47	9	25	23	53	34	5	4
Плотность объектов, ед./га	0,31	0,40	1,56	0,65	2,88	1,58	1,39	0,69	0,32	0,16
Внешние кварталы										
Номер квартала	6	10	1	12	9	14	5	16	3	19
Объекты социальной инфраструктуры, ед.	5	1	45	30	25	18	41	19	1	2
Плотность объектов, ед./га	0,29	0,07	1,27	0,99	2,33	1,37	1,07	0,58	0,04	0,06

* Тип границы: К – контактный тип, П – проблемный тип.

Составлено автором на основе расчётов, проведённых в программном обеспечении ArcGIS.



Рис. Границы большого центра Перми

4 этап – оценка и корректировка результатов.

Как мы видим из таблицы, по всем рассматриваемым сегментам границы большого центра Перми наблюдается «всплеск» функций, что проявляется в большем количестве объектов социальной инфраструктуры во внутренних кварталах (т.е. в пределах центральной зоны) и, как следствие, в большей плотности этих объектов. Исключение составляют внешние кварталы 2-ого порядка под номерами 12. Оба случая наблюдаются в сегменте границ проблемного типа. Данные сегменты нуждаются в дальнейшей формализации и переносе границ на другие улицы.

Предложенную методику формализации границ больших центров городов необходимо совершенствовать в дальнейшем, чтобы повысить её точность и качество. Несмотря на очевидные преимущества, применение ГИС в зонировании городских территорий сталкивается с рядом проблем.

Во-первых, это точность и доступность данных. Одной из основных проблем является точность данных. Для корректного использования ГИС необходимо иметь доступ к актуальным и точным пространственным данным. В реальности, данные чаще всего являются устаревшими или неточными, что приводит к ошибкам в зонировании. Например, изменение городской инфраструктуры или новые строительные проекты могут не быть учтены в текущих данных.

В первую очередь можно рассматривать больше функций, относящихся к центральной зоне, следовательно, будет выделено большее количество объектов, и делимитация будет проходить более точно. Также следует учесть различия в значимости разных признаков для выделения большого центра: задать удельный вес объектам социальной инфраструктуры, поняв, какие из них считаются самыми важными, а какие имеют меньшую ценность, например, вузы, будут иметь больший вес, чем небольшие магазины розничной торговли и т.д.

Во-вторых, комплексность анализа. Делимитация центральных зон городов требует учета множества факторов, таких как плотность населения, транспортные потоки, наличие общественных учреждений и коммерческих объектов. Анализ столь большого количества данных требует высокого уровня экспертизы и мощных вычислительных ресурсов, что может быть затруднительно для муниципальных органов с ограниченным бюджетом.

Говоря о маркерах большого центра, стоит не забывать о том, что в их число входят не только объекты социальной инфраструктуры, расположенные вблизи экспертных границ, но и все подобные объекты по всей центральной зоне. Границы большого центра проходят в месте наибольшего скопления объектов, которые выполняют центральные функции. Поскольку в работе проверялась корректность проведения экспертных границ, мы не учитывали потенциальные места делимитации. Для того чтобы понять, где плотность объектов самая

высокая или низкая можно использовать более широкий ГИС-инструментарий. В частности, инструмент «Плотность ядер» позволять определить плотность объектов на всей рассматриваемой территории центральной зоны (а не по отдельным кварталам, как это было в работе).

В-третьих, интерпретация результатов. Даже при наличии точных данных и успешном проведении анализа, интерпретация результатов может представлять сложности. ГИС предоставляет огромные объемы информации, и извлечение из них полезной информации требует глубокого понимания как самих данных, так и контекста, в котором они используются. Ошибки в интерпретации могут привести к неправильным решениям в градостроительстве.

Ускорению и упрощению работы по интерпретации результатов поспособствовало бы создание перечней объектов, выполняющих центральные функции с необходимыми атрибутами.

Выводы. Геоинформационные технологии играют ключевую роль в процессах делимитации больших центров городов, предоставляя инструменты для сбора, анализа, визуализации и управления пространственными данными. Их применение позволяет более эффективно планировать и управлять городскими территориями, улучшая качество жизни горожан и способствуя устойчивому развитию городов. В будущем использование ГИС в градостроительстве и управлении городами будет только возрастать, открывая новые возможности для оптимизации и инноваций в этой области.

Перед авторами стоит большой круг вопросов, связанных с поиском и разработкой новых подходов к делимитации границ больших центров с использованием геоинформационных технологий, ответы на которые необходимо найти на последующих этапах формализации данного процесса.

Библиографический список

1. Анимица Е.Г., Шарыгин М.Д. Феномен территориальной границы // Географический вестник. 2007. №1-2. С. 5-10. EDN: NDARDD
2. Меркушев С.А. Пассажирское железнодорожное сообщение и аттрактивность внешних зон российских городов-миллионеров // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о земле. 2021. Т. 31. Вып. 1. С. 97-110. DOI: 10.35634/2412-9518-2021-31-1-97-110 EDN: DPDXCW
3. Перцик Е.Н. География городов (геоурбанистика). М.: Высш. шк., 1991. 319 с. ISBN: 5-06-000602-6 EDN: VZNMXP
4. Сервис OpenStreetMap. URL: <https://www.openstreetmap.org> (дата обращения: 11.04.2023).

ЦИФРОВОЙ ОБРАЗ ПРИРОДНОГО ЛАНДШАФТА «МЕРКИТСКАЯ КРЕПОСТЬ»

В статье представлены результаты исследования природного ландшафта «Меркитская крепость». Рассмотрен образ сакрального ландшафта археологического комплекса Шара-Тэбсэг как одного из ключевых объектов рельефа культурно-исторического наследия республики Бурятия.

Ключевые слова: сакральный ландшафт, цифровой образ, хребет, природное разнообразие

R. Kidirniyazov, kidirniyazov93@gmail.com

Perm State University, Perm, Russia

DIGITAL IMAGE OF THE NATURAL LANDSCAPE «MERKIT FORTRESS»

The article presents the results of a study of the natural landscape “Merkit Fortress”. The image of the sacred landscape of the Shara-Tebseg archaeological complex as one of the key relief objects of the cultural and historical heritage of the Republic of Buryatia is considered.

Keywords: sacred landscape, digital image, ridge, natural diversity

Цифровой образ территории в основном складывается из интернет-образа, т.е. из фотографий, текстов, зарисовок туристов и т.д. В рамках полевого выезда общегеографической практики со студентами 1 курса был исследован природный ландшафт «Меркитская крепость», в рамках данной территории был рассмотрен археологический комплекс Шара-Тэбсэг, который представляет собой комплекс каменных сооружений, элементов ландшафта. В данном случае ландшафт рассматривался с географической точки зрения, природных особенностей территории.

В рамках исследования территории была пройдена экотропа «Меркитская крепость» (рис. 1, 2), которая представляет собой уникальное сочетание природных и культурных особенностей республики Бурятия.



Рис. 1. Участок первой площадки комплекса Шара-Тэбсэг (дата съемки 23.06.2024)



Рис. 2. Вид на степной ландшафт с первой площадки комплекса Шара-Тэбсэг (дата съемки 23.06.2024)

Экологическая тропа «Меркитская крепость» в Бурятии представляет собой уникальный маршрут, который не только позволяет путешественникам насладиться природными красотами, но и окунуться в богатую историю и культуру региона. Информативность этой

тропы обеспечивается несколькими ключевыми аспектами, такими как историческая значимость, природное богатство, экологическая и просветительская деятельность.

Меркитская крепость – это древнее сооружение, построенное народом меркитов, которые проживали в центральной Азии. Тропа предоставляет туристам информацию о жизни, культуре и традициях этого древнего народа.

Экотропа простирается через разнообразные ландшафты: от степей до лесов, что делает её особенно интересной для любителей природы и фотографов, на маршруте встречаются редкие виды растений и животных, занесенных в красную книгу.

Данную территорию можно отнести к сакральным ландшафтам, т.к. на этой территории поселились меркиты – монгольское племя, вошедшее в империю Чингисхана.

Сакральный ландшафт, с позиций ландшафтоведения – это географическое пространство, сформированное духовным человеческим опытом, т.е. одухотворенное, воображаемое, символически маркированное земное пространство. В настоящее время, важным является посещение туристами сакральных мест.

Под сакральной (священной) территорией можно понимать сознательно выделяемую часть культурного наследия этноса, играющую важную роль в формировании и функционировании его традиционного мировоззрения; в процессах этнической самоидентификации; в культурном, демографическом и социально-экономическом воспроизводстве. Это могут быть отдельные природные образования в виде гор, водных источников, рек, озер, рощ, деревьев; объекты культуры (архитектурные сооружения, наскальные изображения), а также священные территории, где природные и культурные элементы образуют целостные объекты.

Сакральными объектами также являются археологические и культурно – исторические памятники, то есть объекты, сотворенные человеком, а не только природные места (рис. 3).

К сакральным ландшафтам Бурятии относятся: гора Буха Нойон Баабай, мыс Бурхан, гора Бурин-Хан, Шара Тэбсэг и др.

Шара-Тэбсэг расположен в 5 км на восток от правого берега реки Хилок в юго-западных отрогах хребта Цаган-Дабан и занимает скалистый гребень горного отрога с несколькими отдельными скальными массивами и площадками на скалах. Хребет Цаган-Дабан представляет собой средневысотную локальную горную систему со скалистыми грядовыми и массивными плосковершинными горами [2].

Для хребта характерны гранитные скалы (Платов, Терещенков, Савченко, Бусу). В юго-западной его части преобладают сиениты и граносиениты, слагающие скалы, в том числе дайки. Гряды даек формируют отвесные протяженные скалистые стены в юго-западных отрогах Цаган-Дабана, что вместе с серией плоских вершин делало весьма привлекательным ландшафт при выборе мест для организации культовых объектов древности.



Рис. 3. Каменные линейные конструкции в пределах комплекса Шара-Тэбсэг (дата съемки 23.06.2024).

Ландшафтная ситуация на юго-западе хребта Цаган-Дабан (рис. 4) способствовала образованию здесь серии изолированных, но объединенных одним ландшафтом святылец. Скалистый отрог, на котором находится Шара-Тэбсэг (рис. 5), в переводе с бурятского и монгольского – желтый или золотой столик площадка, обращен на юг, к обширной низменности – устьевой части Тугнуйско-Сухаринской долины. Устьевая часть долины шириной около 20 км с учетом выдвинутых в долину останцовых гор со сглаженными денудационными процессами склонами образована в месте впадения небольшой речки Сухары в Хилок. От подножия склонов Цаган-Дабана в долину простираются обширные подгорные шлейфы.

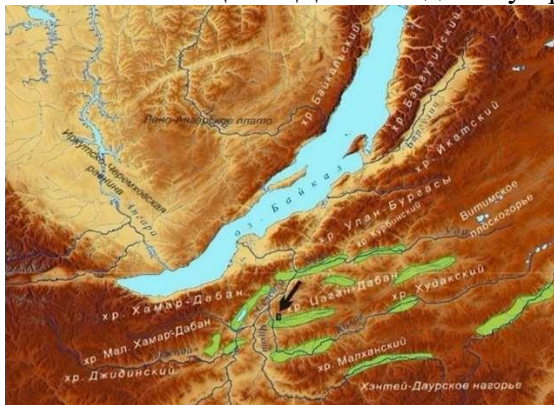


Рис. 4. Схема расположения комплекса Шара-Тэбсэг в Западном Прибайкалье [1].

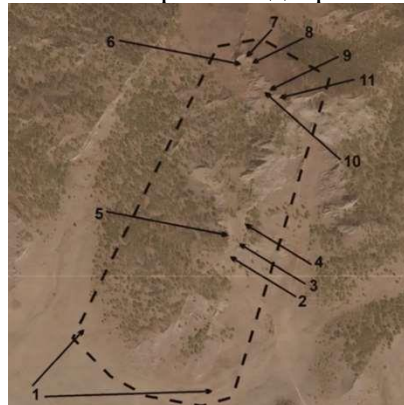


Рис. 5. Схема общей площади комплекса Шара-Тэбсэг: 1 – каменная стенка у подножия горы; 2 – каменная стенка на склоне; 3 – естественный желоб; 4 – каменный вал; 5 – первая площадка; 6 – вторая площадка; 7 – «перемычка» между скал из цепочки камней; 8 – каменная стенка, возведенная на поверхности скалы; 9 – второй вал; 10 – дальний вал; 11 – третья площадка.

В местонахождениях Шара-Тэбсэг установлено, что в его площадь входит весь небольшой горный отрог хребта с несколькими массивами скал и склонами, протягивается более чем на 880 м с юга на север (рис). Ширина объекта с востока на запад составляет 200 м при учете территории по подножию скал и до 350 м при измерении по подножию склонов отрога. Перепад высот от подножия склонов с самыми низкими линейными каменными конструкциями. До высших точек, где также наблюдаются каменные линейные конструкции, составляет более 260 м. Превышение нижней линейной каменной конструкции над уровнем реки Хилок – более 150 м. Наиболее высокорасположенные структурные элементы Шара-Тэбсэг возвышаются над рекой Хилок более чем на 400 м. На сегодняшний день, Шара-Тэбсэг – это наиболее крупный из известных культовых объектов на территории Западного Забайкалья [3].

Таким образом, можно сказать что цифровой образ ландшафта «Меркитская крепость» в основном складывается из сакрального и природного ландшафта комплекса Шара-Тэбсэг, который в свою очередь отличается природным и ландшафтным разнообразием территории, несет в себе культурно-историческое наследие Бурятии и бурятского народа.

Библиографический список

1. Ташак В.И., Антонова Ю.Е. Шара-Тэбсэг – древний культовый и археоастрономический объект в Западном Забайкалье // Известия Лаборатории древних технологий. 2018. №2 (27). С. 8. (дата обращения: 25.06.2024). DOI: 10.21285/2415-8739-2018-2-74-92 EDN: XRGCHR
2. Тугнуйские столбы. Меркитская крепость. URL: <https://master2u.ru/> (дата обращения: 18.06.2024).
3. Чижова В.П. Генеральный план экотропы // Мнение эксперта. 2017 (дата обращения 15.06.2024).

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ТЕКСТОВЫХ ДАННЫХ В ОБЩЕСТВЕННОЙ ГЕОГРАФИИ

В статье представлены основные методологические подходы применения анализа текстовых данных в общественно-географических исследованиях. Выделены перспективные направления исследования: туристско-рекреационное пространство, оценка социального самочувствия, изучение географических образов. Дано описание применяемых подходов и методов исследования.

Ключевые слова: общественная география, PolyAnalyst, туристско-рекреационное пространство, социальное самочувствие, географический образ

E. Konyshev, konj@bk.ru
Perm State University, Perm, Russia

PROMISING DIRECTIONS FOR APPLYING METHODS FOR ANALYSIS OF TEXT DATA IN SOCIAL GEOGRAPHY

The article presents the main methodological approaches to applying text data analysis in socio-geographical research. Promising areas of research have been identified: tourist and recreational space, assessment of social well-being, study of geographical images. A description of the applied approaches and research methods is given.

Keywords: social geography, PolyAnalyst, tourist and recreational space, social well-being, geographical image

Объектом изучения общественной географии выступают пространственные формы организации общества, а предметом – «территориальные общественные системы» (ТОС). Грядущая эпоха цифровой экономики диктует «смену вех» в исследованиях общественной географии. Ставятся задачи по изучению «информационного поля», его территориальной структуры, иерархии, функций, особенности взаимодействия с другими функциональными структурами ТОС. Обращается внимание на важность исследований нематериальных активностей стран и регионов: имиджа, репутации, статуса, образа, брендов. Ставятся задачи по изучению механизма их формирования и оценки вклада в экономику, геополитику и общественное развитие [6].

При решении этих задач исследователи сталкиваются с проблемой обработки больших данных, обрабатывать которые до недавнего времени было крайне сложной проблемой. Еще сложнее было обрабатывать текстовые данные. Однако, в настоящее время применение методов текстового анализа и машинного обучения в общественных и социологических науках является общемировым трендом [3]. Методология применения текстовых данных для общественно-географических исследований была апробирована при изучении миграционных процессов [5], туристско-рекреационного пространства [4], качества жизни населения [7]. Так же интересные результаты можно получить при изучении социального самочувствия и географических образов.

Социальное самочувствие населения может рассматриваться как индикатор состояния территориальной общности людей. Пермская географическая школа, занимаясь на протяжении нескольких десятилетий социальной проблематикой регионального развития, накопила значительный опыт по изучению уровня и качества жизни населения, его благополучия и социального самочувствия [1]. Определённую новизну в результатах можно получить, опира-

ясь на новые источники данных и современные методы текстовой аналитики. В предлагаемой нами методике в качестве источника получения данных используются социальные сети, а именно тематические сообщества в социальной сети Вконтакте. Это позволяет повысить охват населения, снизить временные затраты на сбор данных, уйти от «запрограммированности» ответов. Как правило, в постах сообществ содержится информация о наиболее актуальных проблемах муниципального образования, их эмоциональная оценка. Весьма интересной является задача сравнения результатов, извлеченных из официальных и неофициальных сообществ. Кроме того, можно рассчитать различные индексы (социальной активности населения, миграционных настроений, информированности населения, социальной активности населения, популярности социальных инициатив, социальной напряженности, отношения к территории). Структура базы данных позволяет получить развернутую информацию об объекте оценки (сфера жизнедеятельности), а также выявить эмоциональное отношение жителей к той или иной проблеме. Обработка первоначальной базы для дальнейшего анализа с использованием встроенных инструментов программного продукта PolyAnalyst осуществляется с помощью таких инструментов как модификация колонок, индексирование, проверка орфографии, выявление уникальных записей и текстов (рис. 1).

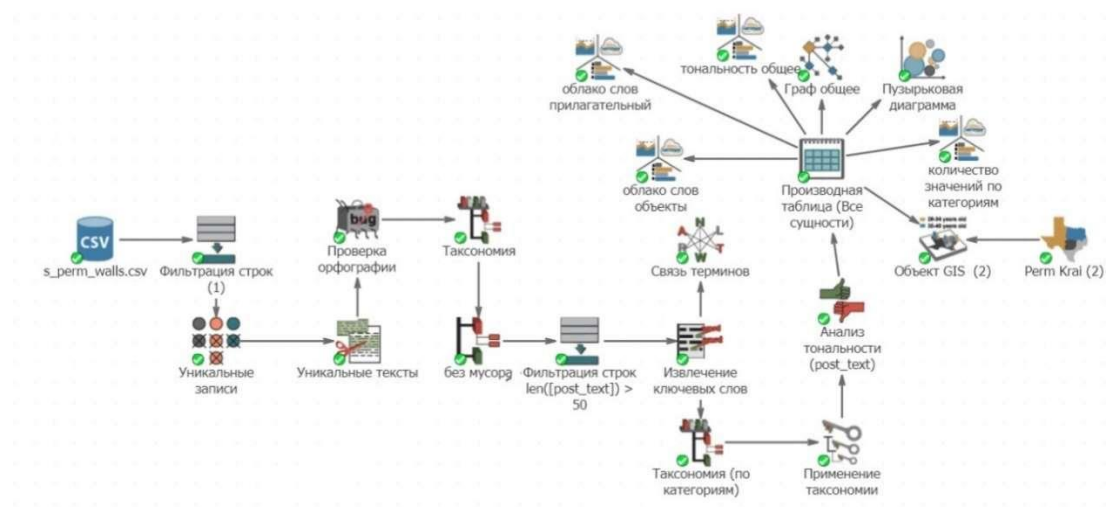


Рис. 1. Общая схема анализа данных в PolyAnalyst

Для группировки сообщений по сферам жизнедеятельности населения так же применяется узел «таксономия». В настройках узла «таксономия» в формулы вводятся ключевые слова (определялись по узлу «извлечение ключевых слов»). Применение инструмента «анализ тональности» позволяет оценить отношение автора комментария к определенному объекту или ситуации. В настройках узла можно выбрать область исследования: общая, воздушный транспорт, финансы, гостеприимство, медицина и технологии. Для оценки социального самочувствия применялась область «общая». Встроенные алгоритмы анализа тональности определяют для каждого объекта оценки количество негативных и позитивных отзывов. Для этого анализируются слова, чаще всего прилагательные, которые соотносятся с объектом оценки и имеют свою степень отрицательности (от -1 до -5) и положительности (от +1 до +5). Соотношение количества положительных и отрицательных отзывов – это индекс тональности. Функционал узла предусматривает возможность построения графа для визуализации полученных результатов об отношении субъекта к объекту. В построенном графе серым пунсоном обозначаются аспекты (области) исследования, зеленым цветом отображаются положительные тональности, красным – отрицательные тональности. Для визуализации полученных результатов и построения интерактивного дашборда также использовались узлы для построения графиков и диаграмм, создания облака ключевых слов, графов связи и пр.

Целью изучения *географических образов* является выявление наиболее ярких, запоминающихся черт, знаков, символов определенной местности, района и/или страны [2].

Таблица 1

Ключевые слова для группировки текстов (фрагмент)

Типы текстов	Ключевые слова
Природный	ветер, река, река Вятка, река Юг, река Пушма, река Луза, Соколя гора, ...
Социальный	миграция, пособие, жкх, жилищно коммунальное хозяйство, физ-культура, физическая культура, спорт, праздник, событийное мероприятие, здравоохранение, ...
Культурный	культура, искусство, православие, религия, верование, молитва, храм, собор, церковь, книга, ...
Панорамный	деревня, поселок, город, дома, многоэтажка, панорама, избушка, урочище, ...
Бытовой	рыбалка, охота, поймать, сенокос, мёд, пасека, банька, колодец, огород, стирка, ...
Индустриальный	экономика, бизнес, заработать, предприятие, деньги, доход, стоимость, бабло, работа, рабочее место, промышленность, сельское хозяйство,...

Традиционные методы изучения географических образов направлены на фиксацию представлений в сознании человека через применение ментальных карт, социологических опросов, анализа художественных текстов, географических карт и картоидов, произведений искусства, фото и видео изображений. В последние годы, с развитием информационных технологий предпринимаются попытки при изучении географического образа применять методы анализа больших данных. Источником данных являются социальные сети, либо специализированные платформы для загрузки и хранения фотоснимков. Как правило, пользователи в основном обращают внимание на зрительный образ, но для туристских администраций более ценной информацией являются прилагающиеся к фото текстовые данные (название, описание, комментарии), их пространственные характеристики и эмоциональные оценки. Обработка данных может осуществляться с помощью различных инструментов, в том числе с помощью аналитической платформы PolyAnalyst. Для группировки текстов по типам географических образов применяется узел «таксономия». Для каждого типа характерен особый набор ключевых слов (табл.1). Для визуализации полученных результатов применялись узлы «облако слов», «диаграмма» и «связь терминов» (рис. 2).

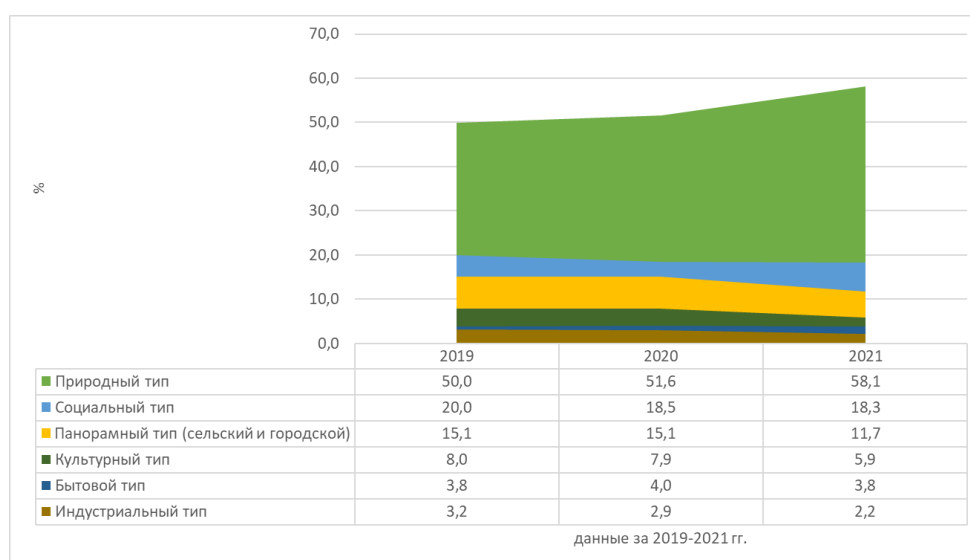


Рис. 2. Изменение географического образа Кировской области с 2019 по 2021 гг.

Дополнительно, узел «извлечение сущностей» помогает выявить географические объекты, где были сделаны фотографии. Встроенные алгоритмы PolyAnalyst различают объекты

окружающей природной среды (реки, озера, моря, океаны, острова, горы, пустыни, леса и т.д.), а также объекты, которые относятся к местоположению и точкам в пределах города, места хозяйственной деятельности, например кафе, магазины, аэропорты и т.д. (табл. 2).

Таблица 2

Природные географические сущности (топ-5)

2021 год		2020 год		2019 год	
Природные объекты	частота, в %	Природные объекты	частота, в %	Природные объекты	частота, в %
река Вятка	23,7	Белохолуницкий пруд	19,1	река Вятка	22,8
река Юг	17,5	река Вятка	16,5	Белохолуницкий пруд	12,3
река Пушма	16,5	река Немда	13,9	озеро Холуново	10,5
Соколя гора	10,3	река Молома	9,6	река Быстрица	8,8
река Луза	9,3	река Песчанка	8,7	река Ивкинка	8,8

Таким образом, современные методы анализа текстовых данных позволяют не только раскрыть особенности поведения людей в цифровом пространстве, но и выявить особенности восприятия окружающего пространства не только на уровне индивида, но и на уровне территориальной общности людей.

Библиографический список

1. Балина Т. А. Социальное самочувствие населения в контексте поведенческой географии / Т. А. Балина, В. А. Столбов // Географический вестник. – 2023. – № 1(64). – С. 72-83. DOI: 10.17072/2079-7877-2023-1-72-83 EDN: JJCUJO
2. Замятин Д.Н. Гуманитарная география: пространство и язык географических образов. СПб., 2003.
3. Конышев Е. В. Анализ текстовых данных в общественной географии (обзор методологических подходов) / Е. В. Конышев // Пространственная организация общества: теория, методология, практика: Сборник материалов I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти профессора Михаила Дмитриевича Шарыгина, Пермь, 07-11 ноября 2023 года. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2023. – С. 13-17. EDN: GIPPTA
4. Конышев Е. В. Методика изучения ментального туристско-рекреационного пространства по отзывам туристов (на примере Кировской области) / Е. В. Конышев // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2022. – № 5. – С. 16-28. EDN: DWQVXS
5. Цифровые следы выпускников вузов при исследовании миграции из регионов-доноров / Е. В. Митягина, Е. В. Конышев, К. А. Чернышев, Э. Р. Сайфулин // Вестник Томского государственного университета. – 2021. – № 467. – С. 144-155. DOI: 10.17223/15617793/467/18 EDN: GCQDCH
6. Шарыгин М. Д. Перспективы применения цифровых методов в исследованиях территориальных общественных систем / М. Д. Шарыгин, В. А. Столбов // Цифровая География: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. В 2-х томах, Пермь, 16-18 сентября 2020 года / Науч. редакторы А.И. Зырянов, Т.В. Субботина, С.В. Копытов. Том II. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2020. – С. 123-126. EDN: BGYVEV
7. Щекотин Е. В. Анализ качества жизни сельских территории России на основе цифровых следов пользователей / Е. В. Щекотин, Д. О. Дунаева, Ю. К. Александрова // АПК: экономика, управление. – 2022. – № 11. – С. 89-96. DOI: 10.33305/2211-89 EDN: YAXMUK

РОЛЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗВИТИИ МУЗЕЙНОГО ДЕЛА

В статье раскрываются вопросы внедрения цифровых технологий в организацию музейного дела, которое представляет собой важнейший механизм сохранения и развития культурно-исторического наследия и является предметом изучения культурной географии. Цифровые технологии активно внедряются в различные сферы общественной жизни, музеи не стали исключением, поскольку в период пандемии ковида практика онлайн посещений экспозиций и выставок приобрела новое звучание в настоящее время. В музеях Пермского края новые технологии позволяют не только посетителям приобщиться к культурному наследию через Интернет, но и музею сохранить связь с аудиторией.

Ключевые слова: цифровые технологии; геокультурное пространство; музеи; аудиогид; Пермский край

E.R. Melnikov^{1,2}, T.A. Balina¹, ermelnikov@gmail.com, t_balina@mail.ru

¹Perm State University, Perm, Russia

²Perm Museum of Local History, Perm, Russia

THE ROLE OF DIGITAL TECHNOLOGY IN THE DEVELOPMENT OF MUSEUM BUSINESS

The article reveals the issues of introducing digital technologies into the organization of museum business, which is the most important mechanism for preserving and developing cultural and historical heritage and is the subject of study of cultural geography. Digital technologies are actively being introduced into various spheres of public life, museums are no exception, since during the covid pandemic, the practice of online visits to expositions and exhibitions has acquired a new meaning at the present time. In the museums of the Perm Territory, new technologies allow not only visitors to get acquainted with the cultural heritage via the Internet, but also the museum to maintain contact with the audience.

Keywords: digital technologies; geocultural space; museums; audio guide; Perm Krai

Современная общественная география исследует различные сферы жизнедеятельности общества, особое внимание уделяя вопросам сохранения культурно-исторического наследия. Ведь именно оно определяет «культурный код» социума, формирует его менталитет, ценностные ориентации, традиции. Географы-обществоведы рассматривают социум (территориальную общность людей) не только с позиции численности населения, половозрастной структуры, типов воспроизводства населения, пополнения трудовых ресурсов и прочих демографических характеристик. Сегодня для географов важен и более глубокий «срез» изучения социума, интересна его духовная жизнь, социальная составляющая, особенности восприятия территории, мировоззренческие элементы. Изучением пространственных культурных различий территорий занимаются ученые в области культурной географии, смежной науки на стыке культурной антропологии и географии, которое трансформируется в гуманитарную географию, одним из основоположников которой является Замятин Д.Н. [1].

Опираясь на теоретико-методологические аспекты культурной географии, географы уделяют много внимания такой важной категории, как геокультурное пространство, ведь именно оно и является основой для формирования и жизнедеятельности социума. По мне-

нию современных российских ученых, это понятие представляется в системном взаимодействии различных слоёв культуры, имиджа, образа территории, представляющих базис формирования исторически обусловленного природно-культурного наследия рассматриваемой территории [2].

Исследование геокультурного пространства предполагает рассмотрение его структурных элементов, среди которых видное место занимают музеи. Они представляют собой особый вид институции, открытый для людей, призванный развивать общество, рассказывая и экспонируя материальные свидетельства прошлого и окружающей среды [3].

Основная функция музеев заключается не только в сохранении и демонстрации исторических экспонатов, артефактов, документов и т.д., а еще и в организации выставок, экспозиций, проведении краеведческой работы, научно-исследовательских изысканий. В Музее пермских древностей, на примере которого мы раскрываем данную проблематику, еще и важнейшей функцией являются просветительская и профориентационная работа.

Музеи в современном представлении насчитывают относительно короткую историю, ведь только в эпоху Просвещения их функционал расширился от собирания и сохранения до публичного показа. XX век рассматривал музеи в основном, как собрания предметов для научного изучения. Но XXI век внес свои изменения в музейное дело. Внедрение цифровых технологий позволило совершить прорыв в направлении взаимодействия с посетителями, предоставив возможность заранее подготовиться к посещению музея на основе презентации музейных собраний. С другой стороны, в годы ограничений из-за пандемии ковида части музеев удалось сохранить связь с аудиторией посредством внедрения цифровых технологий.

Краеведческие музеи имеют богатый опыт взаимодействия с аудиторией посредством выставок. Но совершенно новым направлением для них являются виртуальные выставки. Особенность этих выставок в том, что они размещаются на определенной платформе, при возможности подключаются к сайту музея, презентуют определенное количество экспонатов. Виртуальные выставки могут сопровождаться квестами, викторинами, кроссвордами и т.д. Комплексное содержательное сопровождение выставки в сети Интернет может не только развлечь посетителя, но и подготовить его к посещению и осмысливанию информации. Нередко на платформах указываются документы как для людей с инвалидностью, где поясняются нюансы посещения музея. Актуальность подобных проектов оправдана возросшим интересом жителей и гостей Перми и Пермского края к достопримечательностям территорий, первое впечатление о которых зачастую складывается в виртуальном пространстве.

Для понимания роли и влияния цифровых технологий на развитие музеев России и Пермском крае необходимо акцентировать внимание на следующих аспектах:

- исследовать опыт ведущих отечественных музеев в применении цифровых технологий;
- изучить виртуальные платформы для виртуальных презентаций музейных экспозиций и выставок;
- представить формируемый опыт Пермского краеведческого музея в использовании цифровых продуктов.

В рамках данной статьи кратко остановимся на наиболее важных вопросах, касающихся этих пунктов.

Наличие виртуальной выставки или тура показывает открытость и доступность музея для разных категорий посетителей. В российских музеях уже разработано множество разнообразных виртуальных туров, мы рассмотрели наиболее успешные.

Российский этнографический музей предлагает несколько виртуальных туров для просмотра экспозиции и отдельных тематических выставок. Они представляют слайд-шоу с кратким описанием предметов и возможностью совершить виртуальную прогулку по всей площади музея. Благодаря положению точек для просмотра на схематической карте перемещаться можно по всей территории выставок [10].

Государственный музей изобразительных искусств имени А.С. Пушкина предлагает пользователю стандартный виртуальный тур по экспозиционному пространству. Он предполагает перемещение по ключевым точкам на схематической карте. Каждый зал обладает своей тематикой. Взамен краткого описания предметов музей предлагает онлайн-экскурсии и лекции в прямом эфире. Формат прямого эфира представляет собой живое общение с лектором, что дает уникальный шанс получить качественные ответы [4].

Музей-заповедник «Ростовский Кремль» предлагает совершить прогулку в сопровождении аудиогuida или самостоятельный осмотр. Аудиогид создает впечатление полного погружения, качественная визуализация удачно дополняет экскурсию. Данный формат делает виртуальную прогулку более наполненной и завершенной [5].

Интересен опыт Музея науки в Лондоне (Великобритания), который в интернет-пространстве не ограничивается страницами в социальных сетях и сайтом, он также создает тематический контент на своем канале, на платформе YouTube. Многочисленные ролики делают экспозицию музея более узнаваемой во всем мире [6].

Государственный музей «Rijksmuseum» (Рейксмузеум), расположенный в Амстердаме (Нидерланды), предлагает пользователям формат квеста для виртуальной прогулки, где есть возможность более глубокого вовлечения аудитории. Исследуя залы, собирая ключ за ключом, прогулка успешно завершается разгадкой тайны музея [7].

Формат квеста пользуется популярностью как среди детской аудитории, так и взрослой. Аудиогид, дополненный небольшими заданиями, позволяет сделать научный текст более легким для восприятия и запоминания. Навигация в виртуальных турах в основном представляет себя схематическую карту с отметками ключевых зон, где расположены знаковые экспонаты с кратким описанием.

Одним из преимуществ виртуального тура является возможность запечатлеть предметы из коллекций, которые уже не представлены в выставках. Так, в Смитсоновском музее практикуется виртуальный показ текущих выставок и выставок прошлых лет. Данный инструментарий может легко помочь в качестве дополнительной информационной базы для онлайн-лекций [8].

В России продолжительное время реализуется виртуальный проект «Артефакт». Благодаря этой тематической платформе музеи разного уровня могут презентовать свои экспозиции и выставки на общедоступной площадке. Музеям предоставлена возможность участия в национальном проекте «Культура», при прохождении отборочного тура которого, культурные институции получают доступ к технической поддержке, а также услугам переводчиков и лингвистов, фотографов и видеографов, дикторов для создания качественно нового интернет-проекта с размещением на федеральной платформе, продвижением проекта. Музеи-участники также получают информационные материалы и элементы вовлечения в виртуальный проект посетителей из музейного пространства посредством размещения qr-кодов и ссылок на интернет-платформу. При подготовке заявки музеи мобилизуют весь интеллектуальный потенциал: для подачи заявки необходимы статьи для каждого экспоната, точки интереса и проверенные данные поступления каждого экспоната в музей. В ближайшем будущем возможно размещение нескольких подразделений Пермского краеведческого музея на платформе «Артефакт» [9].

Пермский край по праву гордится развитием музейного дела. Многие достижения мировых и российских лидеров в музеях Прикамья нашли свое достойное развитие. Практика проведения онлайн-мероприятий в Музее пермских древностей велась во время пандемии. Гибридный формат лекции (с возможностью трансляции в режиме реального времени) представляет собой очное проведение, где лектору смогут задать вопрос из любой точки мира. Данное решение позволит расширить аудиторию, повысить узнаваемость. Учитывая планируемый переезд Музея пермских древностей (подразделение Пермского краеведческого музея) в новое пространство – музей «Пермский период», виртуальная выставка позволит зафиксировать нынешнее тематическое пространство в онлайн-формате. В процессе переезда

материалы виртуального проекта могут быть использованы в качестве переходной тематической площадки, а после открытия нового музея данная выставка позволит знакомить гостей с экспозициями прошлых лет.

В Музее пермских древностей также планируется презентовать одноименную виртуальную выставку. Музей предложит посетителям разного возраста несколько значимых экспонатов, сформировав ёмкое представление о палеонтологическом и геологическом наследии региона. Это привлечет гостей Перми, специалистов междисциплинарного характера, представителей профессионального музейного сообщества. Благодаря цифровым технологиям музей видится не только хранителем культурных ценностей и публичной площадкой для физического посещения, но и виртуальным остовом. Используя инновационный подход при взаимодействии с аудиторией, музей расширяет геокультурное пространство региона, создает положительное впечатление, влияет на имиджи бренд территории.

Библиографический список

1. Замятин Д.Н. Гуманитарная география: основные направления, категории, методы и модели // Культурная и гуманитарная география. 2012. Т. 1. №1. С. 11-26. EDN: PDDIAZ
2. Балина Т.А., Чупина Л.Б., Данилова Ю.Н., Наумов В.О. Социокультурное развитие региона: понятие, направления, работы // Географический вестник. 2014. № 4 (31). С. 36-41. EDN: TCBTCSB
3. Юренева Т.Ю. Музей в мировой культуре. М.: "Русское слово – РС", 2003. 536 стр. ISBN: 5-94853-099-X EDN: QSZRCB
4. Российский этнографический музей. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.ethnomuseum.ru/exposition/virtual_tour/ (дата обращения: 15.07.2024).
5. Виртуальный Пушкинский. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pushkinmuseum.art/media/virtual/> (дата обращения: 15.07.2024).
6. Виртуальный 3D-тур по музею-заповеднику "Ростовский Кремль". [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.rostmuseum.ru/tur/index.html> (дата обращения: 15.07.2024).
7. Виртуальный 3D-тур по Музею науки // Science Museum. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.sciencemuseum.org.uk/visit> (дата обращения: 15.07.2024).
8. Виртуальный 3D-тур по государственному музею Нидерландов // "Rijksmuseum" (Рейксмузеум). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.rijksmuseum.nl/en/masterpieces-up-close> (дата обращения: 15.07.2024).
9. Виртуальный 3D-тур по Национальному музею естественной истории при Смитсоновском институте. // National Museum of Natural History Virtual Tours. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://naturalhistory.si.edu/visit/virtual-tour> (дата обращения: 15.07.2024).
10. Гид по музеям России – Артефакт. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ar.culture.ru/> (дата обращения: 15.07.2024).

М.А. Поспишенко, Т.А. Балина m-kotova@yandex.ru, t_balina@mail.ru
*Пермский государственный национальный исследовательский университет
г. Пермь, Россия*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА В ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПОСРЕДСТВОМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В статье раскрывается роль цифровых технологий в одной из традиционных отраслей экономики – легкой промышленности, в частности, трикотажном производстве, которое представляет собой инновационный вид деятельности. Современная экономическая география исследует как особенности территориальной организации производства, так и направления его оптимизации с целью обоснования региональной политики.

Ключевые слова: цифровые технологии, легкая промышленность, экономическая география

M. Pospishenko, T. Balina, m-kotova@yandex.ru, t_balina@mail.ru
Perm State University, Perm, Russia

IMPROVING PRODUCTION PROCESSES IN LIGHT INDUSTRY THROUGH DIGITAL TECHNOLOGIES

The article reveals the role of digital technologies in one of the traditional branches of economy – light industry, in particular, knitting, which is an innovative activity. Modern economic geography explores both the features of the territorial organization of production and the direction of its optimization in order to justify regional policy.

Keywords: digital technologies, light industry, economic geography

Цифровые технологии проникают во все сферы жизни общества и все виды пространства. Мировое сообщество находится на масштабном переходе к шестому технологическому укладу [6]. Это требует и оптимизации не только ключевых отраслей экономики, но и обновления подходов к управлению и территориальной организации. Цифровизация стала актуальным направлением развития практически всех сфер жизнедеятельности в развитых странах мира. Не исключением является и наша страна, которая, с одной стороны, сохраняет лидирующие позиции на мировых рынках по добыче и экспорту энергоресурсов, металлов, химической и деревоперерабатывающей продукции, с другой стороны, нацелена на импортозамещение и самообеспечение в перерабатывающих отраслях. Особенно актуальной данная повестка оказалась в связи с многочисленными санкциями и уходом с отечественных рынков поставщиков товаров народного потребления. В связи с этим легкая промышленность России должна выходить на новый уровень развития, опираясь как на вековые традиции и сырьевые возможности, так и на инновационные технологии и средства цифровизации производственных процессов.

В связи с новыми вызовами со стороны мировой экономики в нашей стране была разработана Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» на 2017-2030 годы, одной из целей которой является повышение конкурентоспособности на мировых рынках как отдельных отраслей экономики, так и экономики РФ в целом. Достижение поставленной цели возможно посредством сочетания и поступательного развития трех компонентов: сфер деятельности, платформ и технологий, среды, которая создает условия для развития первых двух компонентов. Согласно программы одним из видов цифровых технологий являются новые производственные технологии [5]. Именно вопросы внедрения инновационных и цифровых технологий в отрасли легкой промышленности будут затронуты в данной статье.

Базовыми понятиями данного исследования являются *цифровая экономика* и *цифровизация экономики*, которые при всей схожести имеют разное содержание. Рассматривая эти понятия мы сталкиваемся уже с достаточно большим объемом наработок и различных исследований, посвященных их определению. Одним из таких примеров является «трехуровневое» определение цифровой экономики, в котором на первом уровне расположен цифровой сектор экономики, включающий телекоммуникации, программное обеспечение, ИТ-консалтинг, производство вычислительной техники; на втором уровне цифровая экономика включает в себя цифровой сектор, платформенные решения и цифровые услуги, а третий уровень сосредотачивает в себе цифровизированную экономику, которая включает как цифровую экономику, так и сетевой бизнес, электронную торговлю и пр. В широком смысле большинство авторов трактуют цифровую экономику как часть общего объема производства, которая произведена на базе цифровых продуктов или услуг. Но такой подход можно определить достаточно расплывчатым, а причина видится в проникновении цифровой экономики в многочисленные (практически все) отрасли экономики, что само по себе уравнивает цифровую экономику с традиционной. По мнению ряда экономистов, современные реалии приводят к внедрению термина «цифровая трансформация», именно такой подход позволяет исследовать все процессы и явления в цифровых технологиях, не углубляясь в суть проблемы [1]. Экономико-географы в своих исследованиях также затрагивают эти вопросы, говоря о цифровой экономике как об экономике нового качества, которая, благодаря инновационным технологиям, позволяет реорганизовать все этапы производственного процесса, тем самым внося значительные изменения не только в сущность производительных сил, но и их территориальную организацию [2, 6].

Будучи старейшей отраслью мировой и национальной экономики, легкая промышленность является районообразующим производством для многих регионов Центральной России. Отрасль развивается согласно «законам жанра» теории циклов, имеет яркие этапы становления, сформировавшиеся центры производства и рынки сбыта. Она имеет очень сложную территориально-отраслевую структуру, сформировавшуюся под воздействием совокупности факторов: сырьевого, потребительского, трудового, инвестиционного и др. [3]. Важно отметить, что различные отрасли легкой промышленности по-разному «подготовились» к обновлению, хотя практически все их не обошел процесс модернизации. Он очень широк по содержанию и сопровождается внедрением передовых технологий, направленных на сбережение затрат на производство, использование новых видов сырья, в том числе экологических, производство современных видов продукции, мониторинг рынка, а также автоматизацией и цифровизацией этапов производства и управления, что позволяет отраслям легкой промышленности становиться стратегическими и приоритетными, в рамках перехода страны на импортозамещение. Такая многоплановая работа требует географического анализа процессов реновации отрасли, поскольку для выхода легкой промышленности на качественно новый уровень необходимо изучить мировые тенденции, адаптировать к местным условиям передовой опыт по модернизации легкой промышленности в инновационную и конкурентоспособную отрасль.

Современные предприятия легкой промышленности представлены преимущественно небольшими производствами, которые относятся к категории «малый и средний бизнес». Для них каждый рубль находится на счету, поэтому цифровизация еще и создает возможности для экономии, более точном планировании всех видов затрат на оборудование, сырье, оплату труда, логистику, налоги и проч. Учет затрат в режиме реального времени является приоритетом для таких небольших предприятий, дает им возможность выпускать конкурентоспособную продукцию и быть востребованным на рынке выпускаемых товаров.

В составе легкой промышленности существует множество видов деятельности, которые по-разному переживают кризис постсоветской деградации, современные проблемы, вызванные санкциями, сбоем поставок сырья, сменой курса на политику импортозамещения и пр. Но несмотря на системный кризис некоторые отрасли показывают положительную дина-

мику своего развития. Среди немногих относительно успешных отраслей назовем трикотажное производство, которое согласно данным официальной статистики показывает стабильный рост производимых товаров в целом по стране и по ее отдельным регионам (табл.1). Как видно из представленных данных, за последнее десятилетие динамика положительная.

Таблица 1

Динамика производства трикотажных изделий в России [7]

Виды продукции/ годы	2011	2013	2015	2017	2019	2021
Трикотажные изделия, млн. шт.	140	147	115	142	151	191

В разрезе федеральных округов наблюдается значительная дифференциация (табл. 2), отметим, что производство трикотажных изделий за последние годы претерпело ряд территориальных сдвигов. Центральный ФО укрепляет свои позиции: с 32% его доля повышается до 56%. Два других лидирующих округа резко сократили свои показатели: наблюдается сокращение доли Северо-Западного ФО с 10 до 2% и Южного ФО с 23 до 13%. Доля остальных округов сохраняется примерно на одном уровне. [4].

Таблица 2

Динамика производства трикотажных изделий в разрезе ФО [8]

Округа	Производство трикотажных изделий			
	2011		2021	
	тыс. шт.	%	тыс. шт.	%
РФ ВСЕГО:	139686	100	189942	100
ЦФО	44378	32	106177	56
СЗФО	13395	10	3352	2
ЮФО	31497	23	24283	13
СКФО	5282	4	11945	6
ПФО	27462	20	28748	15
УФО	3860	3	3946	2
СФО	11643	8	9953	5
ДВФО	2169	2	1538	1

Трикотажная отрасль является наиболее быстро развивающейся отраслью легкой промышленности, именно для нее характерно появление новейших видов оборудования (максимальная роботизация производства уменьшает зависимость от человеческого фактора), материалов и технологий (технологичная пряжа, кашемир, обработанный наночастицами, используются для производства термобелья и создания трикотажа для полярников и военных). Развитию трикотажа в России способствует ряд объективных и взаимодополняющих причин, это и климатические условия, требующие использование трикотажной продукции практически круглый год, а также современная ситуация на рынке: сегодня спрос превышает предложение, что создает базу для перспективного развития отрасли.

Современная тенденция трикотажной отрасли – это создание недорогого продукта хорошего качества. Потому важным является контроль всех затрат на выпуск продукции, планирование себестоимости и возможности оценки перспектив. Внедрение новых технологий и цифровизация производства поможет трикотажной отрасли укрепить позиции, усовершенствовать само производство и оптимизировать управленческие процессы.

Примером цифровизации является организованная и реализуемая программа «Система Управления Производством» (СУП) на Московском трикотажном предприятии, которая представляет собой базу данных, включающую в себя все виды затрат на единицу выпускаемой продукции. Программа построена таким образом, что позволяет исключить ошибки при внесении данных (так называемый, человеческий фактор), сократить затраты на содержание

штата, спланировать затраты на оборудование, сырье, то есть минимизировать издержки и потери на производстве. Каждый работник от швей до генерального директора должен вносить все данные о проделанной работе согласно своему «функционалу» в программу, тем самым обеспечивается обновление данных в системе в режиме реального времени.

Программа организована в двух направлениях: она позволяет распределить ресурсную часть (сырье, машино- и человеко-часы) на сформированный заказ, а также позволяет от обратного собрать все виды затрат, начиная со швей, которая вносит произведенную операцию в приложение на своем телефоне. При этом работницы сразу же видят заработную плату, которую они будут получать по результатам своей работы, что дает возможность регулировать свою деятельность. Сформированная база данных представляет собой отчеты, которые можно транслировать в любой необходимой интерпретации от стоимости продукции до стоимости одной минуты рабочего времени. Также можно увидеть технические и технологические характеристики выпускаемой продукции, что дает возможность планировать закупку сырья, распределять нагрузку на оборудование по времени выполнения операций. Приведенный пример позволяет говорить о цифровизации в трикотажной отрасли как о необходимом условии развития, расширяющем возможности для долгосрочного стратегического планирования всех видов затрат.

Таким образом, модернизация производства и внедрение передовых технологий во все отрасли легкой промышленности станут мощным импульсом для развития. Стратегически важным является использование инновационных способов производства и управления, что позволит перейти на импортозамещение производства тканей, одежды, обуви и других товаров широкого потребления на основе разнообразных мер государственной поддержки, с учетом сформировавшихся ограничений сырьевых рынков, с одной стороны, и возможностей современных цифровых технологий, с другой.

Библиографический список

1. Белоусов Ю.В. Цифровая экономика: понятие и тенденции развития // Вестник Института экономики Российской академии наук, №1.2021 с.26-43. DOI: 10.24412/2073-6487-2021-1-26-43 EDN: NRZDOA
2. Жук С.И. Экономическая география в эпоху цифровой экономики / Цифровая география. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 2020, Пермь, Том II. с. 35-38. EDN: SNKBNY
3. Поспишенко М.А., Балина Т.А., Пономарева З.В. Законы диалектики применительно к диагностике состояния легкой промышленности в России // Вестник Тверского государственного университета. Серия География и геоэкология. 2022. № 4(40). С. 92-104. DOI: 10.26456/2226-7719-2022-4-92-104 EDN: UGVAPW
4. Поспишенко М.А. Территориальная и структурная трансформация легкой промышленности России. // Материалы XV научной Ассамблеи АРГО.
5. Программа "Цифровая экономика Российской Федерации". Постановление Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата обращения 28.07.2024).
6. Шарыгин М.Д., Столбов В.А. Перспективы применения цифровых методов в исследованиях территориальных общественных систем // Цифровая география. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 2020, Пермь, Том II. с. 123-126. EDN: BGYVEV
7. Промышленность России: стат.сб. / Росстат. М., 2021 год. URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_industrial (Дата обращения 10.01.2024).
8. Регионы России: стат.сб. / Росстат. М., 2022 год. 1124 с.

ТРАНСПОРТНАЯ ДОСТУПНОСТЬ ПОСЕЛЕНИЙ ВОСТОЧНОГО РЕГИОНА ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ

В статье приводится методика расчета показателя транспортной доступности поселений на примере Восточного региона Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Этот показатель необходимо учитывать при оценке экономико-географического положения регионов. Транспортная доступность – важный показатель, влияющий как на развитие поселений, так и на социально-экономическую ситуацию в регионе. Чем выше коэффициент, тем хуже их транспортная доступность, тем слабее реализован ресурс взаимодействия поселений с окружающей их территорией.

Ключевые слова: транспортная доступность территории, коэффициента транспортной доступности, экономико-географическое положение, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра

S.N. Sokolov, snsokolov1@yandex.ru

Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russia

TRANSPORT ACCESSIBILITY OF SETTLEMENTS IN THE EASTERN REGION OF THE KHANTY-MANSIYSK AUTONOMOUS OKRUG – YUGRA

The article provides a methodology for calculating the indicator of transport accessibility of settlements on the example of the Eastern region of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra. This indicator should be taken into account when assessing the economic and geographical position of the regions. Transport accessibility is an important indicator that affects both the development of settlements and the socio-economic situation in the region. The higher the coefficient, the worse their transport accessibility, the weaker the resource of interaction between settlements and their surrounding territory is realized.

Ключевые слова: transport accessibility of the territory, transport accessibility coefficient, economic and geographical position, Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra

К Восточному региону Ханты-Мансийского автономного округа – Югры относится территория Нижневартовского района, а также расположенные на ней городские округа Нижневартовск, Радужный, Мегион Лангепас и Покачи, административно не входящие в состав района. В округе основная перевозка грузов приходится на водный и железнодорожный транспорт, часть грузоперевозок осуществляется автомобильным и авиационным.

В населенные пункты Нижневартовского района, в которых имеются постоянные автодороги и зимники, 90% перевозок выполняются автомобильным транспортом. В особо отдаленные и труднодоступные населенные пункты (Сосновый Бор, Корлики), где нет дорог и зимников, доставка пассажиров, почты, продуктов питания осуществляется вертолетами МИ-8. В другие населенные пункты сельского поселения Ларьяк, сельского поселения Покур, доставка осуществляется в зимний период – по зимникам, летом – водным транспортом.

Транспортная доступность – важный показатель, влияющий как на развитие поселений, так и на социально-экономическую ситуацию в регионе. Положение населенных пунктов относительно многофункциональных центров является одним из компонентов экономико-географического положения (ЭГП), имеет много общего с транспортно-географическим положением, так как доступность центров осуществляется при помощи транспорта и зависит от его работы [3]. ЭГП базируется на оценке мест размещения географических объектов –

стран, регионов, отдельных районов, поселений, производственных и социальных комплексов и др. в территориальной структуре хозяйства, географическом разделении труда [8].

Транспортная доступность – интегральная характеристика, учитывающая и деятельность транспортных компаний, и влияние транспорта на население и региональную экономику [1]. Она представляет собой пространственный резерв маневрирования транспортными связями [10]. Многие отечественные и зарубежные ученые уделяют внимание изучению транспортной доступности как фактору, определяющему условия жизни населения [4; 7; 11-13; 15; 16; 18]. Одной из специфических черт таких исследований является упор на экономическую составляющую обеспеченности транспортной сетью [17].

Транспортная система – важнейший элемент инфраструктуры территории. По выражению американского ученого У. Хансена, основным продуктом транспортной системы является обеспечение транспортной доступности [14]. По мнению В.Н. Бугроменко [2], интегральная транспортная доступность измеряется в средневзвешенных затратах времени, необходимых для того, чтобы в районе добраться из любой его точки в любую другую. Но при этом не учитываются удаленность и цена услуги. Различные авторы, используя понятие «транспортная доступность» в применении к той или иной сфере экономики, вкладывают в него свой смысл.

При оценке ЭГП важно перейти от качественных характеристик к количественным оценкам. Д. Харвей писал, чтобы постигнуть процессы, формирующие пространственные структуры, географам можно и нужно оценивать расстояния в терминах денежных издержек, времени в пути, возможности общественных контактов и т.д. [5].

В этой связи М.В. Прохорчук [6] разработал показатель транспортной доступности центров жителями поселков – коэффициент транспортной доступности центров. Этот комплексный показатель рассчитывается по 4 параметрам основного вида пассажирского транспорта населенных пунктов.

Мы немного видоизменили данный коэффициент, который нами был рассчитан по следующей формуле:

$$K_{ij} = \frac{a}{2} \left(\frac{R_{ij} T_{ij} P_{ij}}{N_{ij}} + \frac{R_{i0} T_{i0} P_{i0}}{N_{i0}} \right)$$

где R_{ij} и R_{i0} – расстояние от i -го населенного пункта до j -го местного и 0 -го регионального центров (км), T_{ij} и T_{i0} – суммарное время поездки до местного и регионального центров (ч), P_{ij} и P_{i0} – суммарная цена поездки до местного и регионального центров (руб.), N_{ij} и N_{i0} – число рейсов в день до местного и регионального центров, a – коэффициент пропорциональности взаимодействия (равен 2/1000).

За идеальную величину принят коэффициент транспортной доступности Нижневартовска, равный нулю. Для местных центров (Мегиона, Лангепаса, Радужного, Ваховска и Ларьяка) R_{ii} и K_{ij} равны нулю [9].

Наименьшими значениями коэффициента могут похвастать Излучинск (0,02), Мегион (0,02), Высокий (0,06), Лангепас (1,3). Наибольшие значения коэффициента у Соснового Бора (28270) и Колекъёгана (8223), до которых можно добраться только на речном транспорте с пересадками.

В силу ряда причин значение удаленности может уменьшаться. Так, например, удаленность города Покачи от регионального центра достаточно велика (170 км). Тем не менее, коэффициент транспортной доступности (90,33) рассчитанный для него, значительно лучше коэффициента для деревни Сосниной (134), расположенной ближе к Нижневартовску (86 км). Другой пример – для самого удаленного поселения – села Корлики, (расстояние 321 км от Нижневартовска), коэффициент транспортной доступности (2677) выше, чем для Усть-Колекъёгана (2997), расположенного ближе к Нижневартовску (228 км) и в 3 раза больше, чем до Колекъёгана (8223), расположенного на почти таком же расстоянии от центра (316 км).

Таким образом, транспортно-географическое положение населенных пунктов региона неоднозначно и различается от очень удобного (в основном поселения, лежащие на автодо-

роге Нижневартовск-Сургут) до очень неудобного – восточных частей региона с преимущественно воздушным сообщением или, в навигацию, речным сообщением по реке Вах.

При помощи коэффициента транспортной доступности центров можно объединить населенные пункты Нижневартовского региона в 6 групп по удобству их транспортно-географического положения.

В первую группу (с коэффициентом 0-10) войдут Нижневартовск, Излучинск, Вампугол, Былино, Мегион, Высокий и Лангепас. Во вторую группу (с коэффициентом 10-20) – Пасол, Зайцева Речка, Большетархово, Вата, Покур и Радужный. В третью группу (с коэффициентом 90-150) – Соснина, Покачи, Ваховск, Охтеурье и Пугъюг.

В четвертую группу (с коэффициентом 150-400) – Аган, Новоаганск, Варьеган и Ларьяк. В пятую группу (с коэффициентом 2000-3000) – Усть-Колекъёган, Чехломей, Большой Ларьяк и Корлики. В последнюю группу (с коэффициентом (8000-30000) – Колекъёган и Сосновый Бор.

Наиболее напряженной с точки зрения автомобильного пассажирского транспорта автодорогой является участок Лангепас-Излучинск, проходящей через центр региона – Нижневартовск. Кроме того, можно указать на автодорогу Нижневартовск-Радужный и Нижневартовск-Стрежевой. По маршруту Нижневартовск-Корлики летают вертолеты. Регион связан регулярными автобусными маршрутами с Когалымом, Нефтеюганском, Ханты-Мансийском, Сургутом, Тюменью и Курганом.

На рис. 1 показана транспортная доступность Нижневартовского района с помощью изолиний. Изолинии приведены с сечением 25 км. Можно видеть, что транспортная доступность поселений на западе намного выше, чем на востоке.



Рис. 1. Транспортная доступность населенных пунктов Восточного региона Югры

ЭГП относится к ресурсам взаимодействия. Их роль особенно велика в пионерных районах, к которым относится и территория Восточного региона ХМАО. К таким ресурсам взаимодействия можно отнести и транспортную доступность центров. Чем выше коэффициент, тем хуже их транспортная доступность, тем слабее реализован ресурс взаимодействия поселений с окружающей их территорией.

Библиографический список

1. Береснев А.Е., Морачевская К.А., Шендрик А.В. Оценка обеспеченности транспортной сетью районов Красноярского края // Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2017. Том 3(69). № 3. С. 12-22. EDN: YLMDEH
2. Бугроменко В. Н. Транспорт в территориальных системах. М.: Наука, 1987. 112 с.
3. Кузнецова Э.А., Соколов С.Н. Проницаемость границ и транспортно-географическое положение территории // География и природные ресурсы. 2019. № S5(159). С. 133-138.
4. Лавриненко П.А., Ромашина А.А., Степанов П.С., Чистяков П.А. Транспортная доступность как индикатор развития региона // Проблемы прогнозирования. 2019. № 6. С. 136-146. EDN: ECPMCF
5. Маергойз И.М. Методика мелкомасштабных экономико-географических исследований. М.: Изд-во МГУ, 1981. 137 с. EDN: VKKJNB
6. Прохорчук М.В. Методические подходы к оценке транспортной доступности поселений (на примере поселков городского типа Красноярского края) // Материалы XIII науч. совещания географов Сибири и Дальнего Востока (Иркутск, 2007 г.). Т. 1. Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2007. С. 180-181. EDN: YXCRPJ
7. Сапанов П.М. Современная транспортная доступность районов г. Москвы и подходы к ее оценке // Геодезия и картография. 2015. № 12. С. 15-21. EDN: VIBCTD
8. Соколов С.Н. Пространственно-временная организация производительных сил Азиатской России. Иркутск, 2009. 383 с.
9. Соколов С.Н. Теоретико-методологические и методические основы диагностики проблем социально-экономического развития регионов Азиатской России. Новосибирск: ООО агентство "Сибпринт", 2013. 205 с.
10. Тархов С.А., Семина И.А. География транспорта как отраслевая географическая наука // Актуальные проблемы географии и геоэкологии. 2009. № 1(5). С. 93-104.
11. Тиньков С.А. Подходы к оценке транспортной доступности точек притяжения в мегаполисе // Экономика, предпринимательство и право. 2021. № 2. С. 377-394. DOI: 10.18334/epp.11.2.111582 EDN: VBRXOS
12. Banister D. The sustainable mobility paradigm // Transport Policy. 2008. Vol. 2. P. 73-80. DOI: 10.1016/j.tranpol.2007.10.005
13. Ceder A. Public transit planning and operation theory, modeling and practice. – Burlington: Butterworth Heinemann Books Elsevier, 2007. 626 p. DOI: 10.1201/b12853
14. Hansen W.G. How accessibility shapes land // Journal of American institute of planners. 1959. Vol. 35. No. 2. P. 10-44. DOI: 10.1080/01944365908978307
15. Litman T. Evaluating accessibility for transport planning. Measuring people's ability to reach desired goods and activities // Victoria Transport Policy Institute. 2020. Vol. 5. P. 64.
16. Murray A., Wu X. Accessibility tradeoffs in public transit planning // J. Geograph. Systems. 2003. Vol. 5. No. 1. P. 93-108. DOI: 10.1007/s101090300105
17. Spandonide B. Understanding transport costs in remote Australia // International journal of transport economics. 2016. Vol. XLIII. No. 4. P. 503-534.
18. Wachs M., Kumagai T.G. Physical accessibility as a social indicator // Socio-Economic Planning Sci. 1973. Vol. 6. P. 437-456. DOI: 10.1016/0038-0121(73)90041-4

НАНОИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЩЕСТВЕННОЙ ГЕОГРАФИИ И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В статье рассматривается сущность общественно-географических исследований, проводимых на самом нижнем таксономическом уровне – уровне места жизни конкретного человека, малой группы. Определяется связь таких исследований с развитием новых цифровых технологий, ограничениями и требованиями к подобным изысканиям.

Ключевые слова: общественная география, пространственно-временная организация общества, место, наноисследования, цифровые технологии

V.Stolbov, L.Chupina, stolbov210857@mail.ru, larisachupina21@yandex.ru

Perm State University, Perm, Russia

NANORESEARCH IN GEOGRAPHY OF SOCIETY AND DIGITAL TECHNOLOGY

The article examines the essence of Geography of Society research conducted at the lowest taxonomic level – the level of the place of life of a particular person, small group. The connection of such research with the development of new digital technologies, limitations and requirements for such research is determined.

Keywords: Geography of Society, spatiotemporal organization of society, place, nanoresearch, digital technologies

Современное представление о географическом пространстве существенно расширяет свои масштабы (от наноуровня – индивидуального и личного – до глобального).

Проникновение в географию нанотехнологий предполагает изучение пространственных аспектов жизнедеятельности не только малых коллективов (семьи, фермерского хозяйства, интеллектуальных игровых групп, малых предприятий и т.д.), но и отдельных людей (предпринимателей, покупателей, избирателей и т. д.). По образному выражению Ю. Г. Саушкина люди «...в космических кораблях и скафандрах... уносят с собой в космос целостные частицы геосреды»[1]. Сформировались целые направления подобных нано-масштабных исследований – поведенческая география, электоральная география, культурная география и т. д. Признаком географичности исследований сегодня, как и в былые времена, стала не только карта, но и план. Правомерность подобного подхода, разделяется далеко не всеми географами [2], но подтверждается распространенностью и востребованностью таких изысканий.

Ю. Г. Саушкин условно граничными значениями географических реалий считал объекты, которые могут быть положены на карты масштабов от 1:10 000 до 1:1 000 000 000. Но, во-первых, эти значения условно пороговые и никто не исключал из географических произведений план, с которого начинается первый учебник географии, а во-вторых, отдельные компоненты (поля) географической среды: места трудовой деятельности, быта, отдыха и их элементы всегда находились в поле зрения пытливых географов. Поэтому трудно согласиться с Ю. Г. Саушкиным и Б. Б. Родоманом, исключаящим из географической картины мира автомобиль, вагон или стол [3]. Аналогичную дилемму пытался решить и В. Бунге (1967). Он относил объекты подобного масштаба к *предкарте* («изображение

университетского здания на территории университета», «изображение гвоздя в университетском здании», «дорожный указатель»), указывая, что главное отличие их изображений от традиционной карты – исчезновение ландшафта [4]. Наноисследования в географии — это концентрация внимания исследования не столько на геосистеме, сколько на отдельных «атомах», складывающих эти системы. В качестве таких простейших, несистемных объектов выступает «место», которое всегда имеет определённые географические параметры.

Целый ряд научных дисциплин заняты изучением именно отдельных компонентов и элементов ландшафта – гидрологических, метеорологических, геоморфологических, и других, что не ставит под сомнение их географическую сущность. Изучение drobных деталей геосистем неизбежно приводит к необходимости оперирования огромными массивами данных и применению методов Big Data. Задачи таких исследований решаются с помощью использования специфических информационных методов и технологий, разработки и создания специализированных ГИС. Вместе с тем, роль географов здесь состоит не только в их разработке и наполнении ГИС. Большое значение имеет и соответствующий географический анализ, позволяющий не только установить связь между разными частями геосистем, но и объяснить причины и следствия тех или иных процессов и явлений в них. Место, т. е. конкретная географическая точка с известными координатами, в данных ГИС позволяет увидеть связь между метрическими и топологическими свойствами геопространства, разными частями геосистем, сущностно разными (природными и общественными, реальными и нереальными) геосистемами.

Опускаясь на уровень человека, небольших групп, конкретных мест проживания людей (домов, дворов, городских кварталов) мы не сталкиваемся с упрощением данных, а, наоборот, получаем огромное количество информации, связанной с жизнедеятельностью человека, его перемещениями на относительно небольших участках территории, его отношением ко всему, что его окружает. Возникает необходимость «просеять» информацию, вычленив из нее самые ценные элементы, на основании которых будут приниматься решения об изменении среды жизни людей. Успешным в этом смысле являются программные продукты, связанные с анализом текстов, которые размещают в социальных сетях люди. Имея геоданные их записей или привязку высказываний людей об определённых местах жизни, можно сформировать текстовый (словарный) географический образ места и использовать его для дальнейших исследований.

Сегодня сформировался целый ряд дисциплин, ориентированных на исследование самочувствия, восприятия и поведения индивидуумов в окружающей среде – медицинская, когнитивная, поведенческая (бихевиористская), ментальная, социогеография, геногеография, психогеография и пр.

Ярким представителем подобных направлений является ряд отечественных и зарубежных научных школ.

Лундская географическая школа в Швеции во главе с её идейным руководителем Т. Хегерстандом после исследования процесса диффузии сосредоточилась на специфике индивидуумов и индивидуальном поведении людей [5].

В основе теории лежит идея раскрытия пространства и времени в форме единой, неразрывной, объединенной пространственно-временной организации. В качестве «элементарного объекта» пространственно-временной организации Т. Хегерстранд предлагает рассматривать отдельного человека, индивида. Теория призвана выявить основные предпосылки крупномасштабных проявлений человеческой деятельности на уровне микропространств. Именно здесь происходит контакт индивидуумов друг с другом, с внешней средой, предме-

тами, орудиями труда и т.д. В таком аспекте (с учетом экологического императива) человек в географической среде рассматривается впервые.

При рассмотрении поведения и жизнедеятельности отдельного человека (индивида) в пространстве-времени, вводится понятие структуры окружения – системы альтернативных видов деятельности и ресурсов для их обеспечения. Она относительна для каждого человека в зависимости от совокупности его свойств и особенностей. В связи с этим дополнительно вводятся еще два понятия: повседневное окружение и жизненное окружение. Повседневное окружение – это арена действия человека в рамках суточного цикла жизнедеятельности, жизненное окружение включает в себя все компоненты, с которыми контактирует человек в процессе жизненного цикла жизнедеятельности.

Формой описания поведения индивида в пространстве-времени является путь или траектория, берущая начало в точке рождения и заканчивающаяся в точке смерти. В окружающем пространстве в результате этого вычисляется ряд концентрических трубок или колец доступности, радиусы которых отражают способности человека передвигаться и общаться с внешним миром. В процессе суточного цикла жизнедеятельности и обязательного ежевечернего возвращения домой человек ограничен определенной линией, за которую не может переступить. Эти линии формируют своеобразные острова, которые в трехмерном пространстве-времени превращаются в призму. Метод *«пространственно-временной призмы»* Торстен Хегерстранд впервые предложил использовать в конце 1960-х гг. Ареал призмы ограничен в трех направлениях:

1. биологические и физиологические ограничения (например, сон не менее 8 часов) или возможности способа передвижения;
2. совокупные ограничения, требующие находиться в определенное время в определенном месте (учителя и ученики, родители – дети и т. д.);
3. запреты на нахождение в определенном месте в конкретное время [6].

Жизнедеятельность людей в пространстве-времени происходит в процессе сочетания континуальности и дискретности, так как совершаются определенные остановки типа производство, потребление и т.д. Эти остановки названы Т. Хегерстрандом станциями. В результате взаимодействия траектории, колец доступности, острова (призмы), станции и окружения возникают домены – контролируемые территории. Домены – это пространственно-временная ячейка, в пределах которой предметы и события находятся под контролем данного индивида или группы.

В определенное время и в определенном месте происходит объединение людей, механизмов, материалов, которые функционируют во взаимосвязанном сочетании с четкой целью. Задавая основные ограничения в пространстве – времени для индивидов в виде ограничений в возможностях, в сопряженности, во власти, Т. Хегерстранд вводит понятие проекта. Под проектом понимается вся совокупность видов деятельности, индивидов и предметов, которые участвуют в достижении какой-то определенной цели. Конечным, более высоким уровнем обобщения выступает диорама. Это, по выражению автора, «живой ландшафт», включающий все живые организмы и, главное, людей – инициаторов проектов, с их памятью, чувствами, мыслями и намерениями.

Жизнедеятельность людей в рамках диорамы определяется и контролируется пейскерами – временными доминантами, обладающими четкой ритмичностью. Теория Т. Хегерстранда реализует основную проблему географии – взаимосвязь геометрии распределения структур в пространстве-времени с обуславливающими их процессами. В результате согласуются процессы с формой.

Пространственно-временная теория Т. Хегерстранда получает дальнейшее развитие в теории организации социально-географического пространства. В современных условиях

пространство человека синтезируется в пространство социально-экономической общности, которое трансформируется в единое общепланетарное человеческое общество. Пространственно-временная организация основывается на единстве людей и природы – социального и географического пространства, на единстве интересов и целей социально-экономических общностей. Интеллектуальное и духовное единство людей, укрепляемое экологическим императивом, формирует континуум социально-географического пространства.

В Великобритании широкое развитие получила поведенческая география, изучающая особенности жизнедеятельности людей в рамках определенной среды. Дж. Голд базирует этот подход на четырёх основных положениях:

1) среда, в которой действуют индивиды, для них существует в таком виде, в каком они её воспринимают, причём воспринимаемая среда может существенно отличаться от реального мира;

2) взаимодействуя со средой люди реагируют на неё и взаимодействуют с ней;

3) приоритет в изучении отдаётся не группе, а отдельному человеку;

4) бихевиористская география – междисциплинарная наука [7].

Измерения «поведенческого» пространства отражают только наиболее традиционные, получившие всеобщее признание направления исследований поведенческой географии. Эти «срезы» характеризуются прежде всего свойственной географии «игрой масштабами» – от индивидуального пространства отдельной личности до ойкумены (или даже ноосферы) и от индивидуума до всего человеческого сообщества. Отдельными измерениями в этом пространстве являются особенности восприятия среды и поведенческие реакции.

Одновременно непрерывно идет процесс эволюции общественного пространства:

- во-первых, усложняются, приобретают новые черты и свойства, традиционные пространства. Они становятся многомерными (полимерными). Это следствие развития объектов, субъектов, процессов и явлений, их наполняющих. На глазах одного поколения формируются новые экономические отношения, складываются неизвестные ранее территориальные общности людей, формируются новые формы общественных отношений и т. д.;

- во-вторых, возникают новые виды пространств, для описания которых широко используются нетрадиционные параметры и измерения. К числу таких нетрадиционных пространств можно отнести *экономическое*, характеризующееся *n*-мерностью и для описания которого А. Гранберг предлагает использовать такие характеристики, как плотность, размещение, связанность;

- в-третьих, наложение пространств разных видов способствует появлению интегральных образований, обладающих качественно новыми свойствами. К таким образованиям можно отнести социокультурное пространство, широко используемое, например, в рекламной деятельности. Важнейшими измерениями этого пространства являются гендерные различия, социальная стратификация, отношение к риску и положение на шкале «индивидуализм – коллективизм». Е. Г. Анимица и В. А. Сухих выделяют как самостоятельное направление исследований пространственно-временную парадигму в междисциплинарной научной сфере — *социоэкономике* [8]. Категория социального пространства широко представлена в трудах как зарубежных (М. Вебер, Э. Дюркгейм, П. Сорокин и др.), так и отечественных ученых (М. А. Барг, В. Г. Виноградский, В. Г. Черников и др.). По мнению М. Вебера, социальное пространство характеризуется трехмерностью, объединяющей такие координаты, как отношения собственности, политическая и экономическая власть и престиж (социальные почести, репутация, имя и т. д.);

в-четвертых, формируются виртуальные пространства, изучение которых практически не имеет научных традиций, соответствующего опыта, концептуальной базы и методического аппарата. Пространствами подобного рода являются интернет-пространство, имидж-

пространство, бренд-пространство и другие мыслительные конструкции, не исключая и ноосферу.

Эволюция общественного пространства требует от современных географов изменений в методологии географии, прежде всего за счет обогащения её новыми методами, методиками, технологиями. Цифровизация географии в данном случае — новый этап в развитии всей науки, отвечающий требованиям и запросам общества.

Библиографический список

1. Саушкин Ю. Г. Экономическая география: история, теория, методы, практика. М., 1973. – 559 с. С. 317. EDN: VJENBR
2. Файбусович Э. Л., Мартынов В. Л. В огороде бузина, а в Киеве дядька (к вопросу о предмете общественно-географических исследований). Теория социально-экономической географии: современное состояние и перспективы развития. Материалы Международной научной конференции. Под редакцией А. Г. Дружинина, В. Е. Шувалова. 2010. Издательство: Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону). С. 266-269. EDN: CCUOND
3. Родоман Б. Б. Метагеография. География, районирование, картоиды. Сборник трудов. – Смоленск: Ойкумена. – 2007. – 308 с. С.93.
4. Бунге В. Теоретическая география. М., Прогресс. 1967, 280 с. С. 62. EDN: ZBVREL
5. Джеймс П., Мартин Д. Все возможные миры. М.: Прогресс, 1988. – 672 с. С. 585.
6. Джонстон Р. Дж. География и географы: Очерк разв англо-амер. Соц. Географии после 1945 г. – м.: Прогресс, 1987. – 368 с. С.187.
7. Gold J. R., 1980. An introduction to behavioural geography. Oxford: Oxford University Press.
8. Анимца Е. Г., Сухих В. А.. Пространственно-временная парадигма в социоэкономике: региональный аспект. Пермь, 2007. ISBN: 5-7944-1042-6 EDN: QSYCAJ

ЦИФРОВИЗАЦИЯ УРБОСИСТЕМЫ: СУЩНОСТЬ, ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

В статье рассматриваются аспекты цифровизации, раскрывается ее сущность, механизмы, преимущества и недостатки. В качестве примера ее комплексного применения уделяется внимание концепции «умного города». Обращается внимание на его особенности, элементы и технологии, обеспечивающие функционирование.

Ключевые слова: урбосистема, цифровизация, умный город, преимущества, недостатки

T.V. Subbotina, ada@psu.ru
Perm State University, Perm, Russia

DIGITALIZATION OF THE URBAN SYSTEM: THE ESSENCE, ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

The article examines the aspects of digitalization, reveals its essence, mechanisms, advantages and disadvantages. As an example of its comprehensive application, attention is paid to the concept of a "smart city". Attention is drawn to its features, elements and technologies that ensure its functioning.

Keywords: urban system, digitalization, smart city, advantages, disadvantages

Процесс цифровизации получил свое развитие в конце XX века и дал начало новому этапу развития общества – пост- или неоиндустриальному и прежде всего охватил экономику («цифровая экономика»). В настоящее время в России, как и во многих странах мира, реализуется государственная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [8].

Цифровизация экономики представляет собой процесс перехода предприятия или целой экономической отрасли на новые модели бизнес-процессов, менеджмента и способов производства, основанных на информационных технологиях. Она предусматривает решение следующих целей [4; 5]: создание экосистемы цифровой экономики Российской Федерации; обеспечение необходимых и достаточных условий институционального и инфраструктурного характера; устранение имеющихся препятствий и ограничений для создания и развития высокотехнологичных бизнесов и повышение конкурентоспособности на глобальном рынке, как отдельных отраслей Российской Федерации, так и экономики в целом.

По мнению Э. Тоффлера цифровизация – это всемирно-исторический процесс восхождения человеческих обществ от примитивных состояний (дикости) к вершинам цивилизованного состояния, основанного на высших научно-технических, политико-правовых, нравственно-этических достижениях [9]. Этот процесс охватывает социальный (приближение общества к свободе, справедливости и равноправию), материальный (наиболее полное удовлетворение материальных потребностей всех людей) и научный (непрерывное, расширяющееся и углубляющееся познание окружающего мира и его освоения) аспекты общественного развития.

Со временем цифровизация выходит за рамки экономики и пронизывает все стороны общественного развития. Более наглядно это проявляется в городах, где сосредоточены ресурсы, финансы и большая часть населения и имеют место проблемы здравоохранения,

ухудшения экологической обстановки, повышения преступности, доступа к социальным услугам и комфортности среды проживания. Следовательно, цифровизацию общественного развития можно рассматривать не только с позиции отдельных потребностей и видов деятельности (образование, торговля, здравоохранение, госуслуги, банковские услуги, транспорт и многое другое), но и всего жизненного пространства (города или урбосистемы). Она позволит оптимизировать развитие урбосистемы и сделать жизнь горожан комфортной.

Совершенствование производства и расширение потребностей людей позволяет внедрять в жизнь общества (урбосистемы) новые технологии. В качестве примеров можно отметить следующие [10]: нейротехнологии и нейроинтерфейсы; интеллектуальные системы; системы распределенного реестра, квантовые и новые производственные технологии, промышленный интернет; робототехнику; сенсорику (передача информации через видимый свет, радиочастотные метки (RFID); сети связи (беспроводные, мобильные или фиксированные); связь 5G; технологии виртуальной и дополненной реальности; сети устройств для «интернета вещей»; 3D-моделирование и печать и блокчейн (прозрачное и надежное хранилище важных данных). С развитием производства и технологий возможно появление и внедрение в жизнь и других технологий.

Цифровизация общественного развития становится возможной благодаря инфраструктуре, включающей аппаратные средства (физическая инфраструктура), программное обеспечение (цифровая инфраструктура), телекоммуникации и т.д. (коммуникационная инфраструктура) [2]. Главным звеном цифровизации должен быть человек, его знания и умения пользоваться данной инфраструктурой – человеческий капитал.

В настоящее время создается «цифровой двойник общества» или цифровое общество, в котором вся информация о каждом человеке становится доступной. Данная информация берется из разных источников [1]:

- GPS-сигналы от автомобилей для автотранспортного предприятия;
- сигналы мобильных средств связи;
- сведения о всех транзакциях клиентов, которые пользуются услугами банка;
- информация о всех покупках в большой розничной сети;
- записи со всех городских IP-видеокамер;
- социальные сети;
- информация с датчиков крупного предприятия, оборудованного технологией промышленного интернета и т.д.

Все эти источники формируют базу «больших данных – big data». Все наши данные: ФИО, паспортные данные, место работы, кредитная история, разносторонние сведения о нашей личной жизни заносятся в персональный файл, наше «личное дело». Сегодня современные технологии позволяют отслеживать человека в любом месте. Сбор и накопление данных в единых базах позволяет переходить на цифровые носители информации.

Примером цифровизации урбосистемы может служить «умный город», где многочисленные цифровые технологии и базы данных собраны в целостную систему. Она помогает городским службам работать более эффективно, регулировать работу общественного транспорта, поддерживать чистоту, бороться с нарушениями порядка, совершенствовать здравоохранение. Данный город позволяет жителям и властям взаимодействовать напрямую, проводить референдумы, отмечать проблемные моменты на цифровой копии города, вносить предложения для повышения общего комфорта [3].

Для нормального функционирования «умных городов» необходимы две составляющие:

- системы, которые получают информацию из окружающей среды: видеокамеры, датчики, счетчики. Они могут собирать информацию о состоянии зданий или дорог, о пешеход-

ных походах или содержании каких-нибудь загрязнителей в воздухе, телекоммуникационная инфраструктура, которая позволяет передавать информацию от датчиков к вычислительным центрам, где эта информация анализируется;

- центр обработки данных и принятие определенных решений на основе искусственного интеллекта (ИИ), «мозга» города. Это целая сеть взаимосвязанных серверов. ИИ управляет беспилотными автомобилями, выстраивает маршруты жителей, «разруливает» возникающие пробки, загруженность определенных районов, выявляет самые неблагополучные улицы и предлагает идеи для повышения безопасности. Он позволяет получить «второе мнение» по планированию городской инфраструктуры или постановке диагноза, может автоматически заполнять данные в справках, вести отчетность различных служб и учреждений. Это сокращает количество ошибок, ускоряет документооборот.

Современная концепция «умного» города направлена на управление городом с использованием новейших цифровых технологий, в частности информационных технологий, в соответствии с экологическими принципами, и при сохранении тенденции к экономии ресурсов и достижению поставленных целей развития города [10]. Целью цифрового города является создание среды для обмена информацией, сотрудничества и обмена опытом между всеми его жителями, особое внимание уделяется развитию транспорта, информационных и телекоммуникационных технологий, цифровых средств массовой информации, а также творческой и культурной жизни.

«Умный город» предусматривает наличие нескольких элементов.

1. Умная экономика – города должны отличаться высокой производительностью труда за счет эффективного сочетания средств производства, знаний, инноваций и гибкого рынка труда;

2. Интеллектуальная мобильность – благодаря элементу информационных и телекоммуникационных технологий, все ресурсы города могут быть объединены в единую глобальную сеть, и прежде всего, это транспортные и цифровые ресурсы.

3. Инженерная инфраструктура – она оптимизирует потребление энергии, минимизирует выбросы вредных отходов в атмосферу, сокращает негативные последствия для окружающей среды, что в свою очередь потребует высокого уровня экологического образования.

4. Население – жители должны инициировать большинство изменений в городской инфраструктуре, стремиться к сокращению чрезмерного потребления ресурсов и охране окружающей среды.

5. Социальная инфраструктура – обеспечивает доступ для всех жителей к общественным услугам, высокий уровень общественной безопасности и предоставляет достаточно разнообразный культурный и развлекательный контент.

6. Интеллектуальное управление – разработка управленческих процедур, направленных на формирование сотрудничества между органами местной власти, бизнесом и жителями, и активное использование новых технологий.

7. Цифровые платформы и данные – их использование позволяет осуществлять цифровую коммуникацию и преобразование городского пространства с обратной связью с жителями территориальной единицы.

Цифровизация стала ключевым фактором в стимулировании экономического роста и характеризуется положительными моментами.

1. Повышение экономической эффективности. Она позволяет выявить факторы, способствующие или затрудняющие развитие экономики в условиях цифровой трансформации. Применение робототехники, а также искусственного интеллекта и самообучающихся нейросетей расширило границы человеческих возможностей, открыло новые сферы в экономике, науке, технике. Бизнес также перешел в Интернет. Любой понравившийся товар можно

заказать, оплатив его безналичным платежом благодаря самостоятельным сайтам. Появляется возможность работать удаленно, что ведет к экономии времени и отсутствию транспортных расходов. У тех компаний, которые перешли на работу в электронном формате, наблюдается снижение расходов. Это происходит, благодаря уменьшению трат на маркетинг, сбыт, логистику и транспорт, наблюдается рост прямых продаж. Активное создание и развитие стартапов, все проекты, которые связаны с развитием цифровых услуг и программного обеспечения, получают неплохие инвестиции. В результате этого появляются новые рабочие места, растет производительность труда. Деятельность становится более прозрачной, так как в цифровой экономике операции проводятся онлайн и налоговые органы получают сведения о покупках и продажах.

2. Социальная эффективность. Цифровизация привела к тому, что киберпространство стало одним из главенствующих мест для реализации прав и свобод современного человека. Появились новые способы общения, собеседники могут видеть друг друга, находясь при этом в разных частях планеты. Интернет-пространство в лице образовательных, медицинских, торговых и социальных сетей позволяет каждому публиковать свои идеи на огромную аудиторию других пользователей. Направленность на потребности покупателя, предоставление выбора наиболее подходящих вариантов товаров и услуг по более низким ценам. Облегчение доступа к получению услуг, как для физических, так и юридических лиц. Повышается конкурентоспособность производства страны, и расширяются географические границы ведения бизнеса при цифровой трансформации. Благодаря Интернету появилась возможность обмена файлами на большом расстоянии.

3. Оптимизация управления и регулирования развития. Благодаря современным технологиям появляются колоссальные возможности для государственных структур по сбору, хранению, обработке персональных данных, что может способствовать повышению эффективности государственного управления. Доступность услуг экономит время, ни бумаг, ни долгих хождений по инстанциям, ни стояния в утомительных очередях, наши персональные данные фактически везде, нажал на кнопку и получишь результат. Через портал Госуслуг сегодня зарегистрированные пользователи могут оплатить налоги, штрафы ГИБДД, судебные задолженности и госпошлину, не выходя из дома. Удобно еще и то, что в личном кабинете хранится история транзакций, а также все чеки.

Цифровизация имеет и негативные стороны.

1. Новые возможности и способы для мошенничества, киберпреступность. Одним из ее основных свойств является трансграничность. В связи с этим государствам необходимо сотрудничать в процессе противодействия подобным преступлениям. Преступления в сети Интернет обладают огромным масштабом: преступники могут быть заинтересованы не только в финансовых ресурсах интернет-пользователей, но и в их личной информации. Существует несколько видов киберпреступности:

а) преступления, которые связаны с различными информационными деяниями (хакерская атака на информационный ресурс, фишинг (кража паролей);

б) мошенничество в сети Интернет;

в) хранение неправомерной информации (информация, которая вызывает расовую ненависть, призывает к совершению террористических актов и т.д.);

г) кибербуллинг [7] – причинение нравственных страданий с помощью снимков, буквенных знаков с целью оскорбления, унижения с использованием компьютерной техники, а также интернет-технологий. По мнению К.А. Ивановой, А.А. Степанова А.А., Е.В. Немчиновой – это проблема нравственности в сети Интернет [6];

д) опасность манипулирования сознанием интернет-пользователей.

2. Возможность контроля с помощью современных технологий, что связано с правом на неприкосновенность частной жизни. Камеры наблюдения и мобильные телефоны стали неотъемлемым атрибутом в крупных городах.

3. Опасность утечки персональных данных пользователей в общий доступ. А именно: логины, пароли, реквизиты банковских карт и т.д. Сегодня персональные данные стали достоянием всех услуг. Мы оставляем их постоянно: чтобы оформить заказ в интернет-магазине, взять кредит в банке, устроить ребенка в детский сад, зарегистрироваться в соцсети или подписаться на рассылку. Но когда человек оставляет свои данные, он должен быть уверен, что его данные не разместят в открытом доступе, а телефон не передадут кому-либо без разрешения.

4. Доступность цифровизации. Различие в компьютерной грамотности среди разных слоев населения и цифровой разрыв. При наличии большого количества обучающего материала часть населения РФ не располагает знаниями об этом. Несмотря на активное развитие бизнеса онлайн, сегодня есть люди, у которых по-прежнему нет доступа в интернет. В МРОТ отсутствуют пункты о затратах на приобретение соответствующей техники, а также на оплату услуг провайдеров. Конституционные права человека не могут быть реализованы в полной мере при отсутствии доступа к Сети интернет. Все задания и оценки учеников средних образовательных школ вносятся в электронный дневник, доступ к которому возможен с помощью гаджета, подключенного к Сети Интернет. Перечисленные факторы и существование технологического разрыва, и отсутствие нужных разработок не дает возможность обеспечить полный переход на цифровые технологии.

5. Издержки «цифровой экономики» – увеличение уровня безработицы. Несмотря на то, что возникают новые специальности и рабочие места, ряд профессий и целых отраслей оказываются невостребованными и уходят в прошлое. Через утечку данных цифровизация работает и на промышленный шпионаж.

6. Цифровое рабство. Активное использование интернета в значительной мере ограничивает свободы человека. Его личные данные становятся доступными, отслеживаются действия в сети и интересы. Человек становится объектом бизнеса, используется его малейшее внимание к чему-либо и возникают нередкие злоупотребления. Кроме того, проводя много времени в социальных сетях человек отрывается от реальной жизни, что приводит к снижению уровня психического и физического здоровья, ухудшению памяти и эмоциональному выгоранию.

Цифровизация проникла во все сферы человеческой жизни. Сегодня невозможно развивать бизнес, получать образование, организовывать путешествие без соответствующего сайта в сети Интернет, без переговоров по сети с участником договорных отношений или при отсутствии возможности оплатить товар безналичным платежом, проголосовать в электронном формате, записаться к врачу и получить соответствующие справки. Однако для населения необходимо обеспечить информационную безопасность, защищая данные с правовой, технической, физической и криптографической сторон. Развитие информационного общества должно привести к необходимости расширения сферы правового регулирования. При всех преимуществах цифровизации она должна являться вспомогательным инструментом для эффективного развития урбосистемы и общества в целом. Она должна проводиться с учетом принципа совместной работы программного обеспечения и мыслительной деятельности человека.

Библиографический список

1. Акимова О.Е., Волков С.К., Хрысева А.А. Концепция "умный город": эволюция, элементы и формы реализации // Теоретическая экономика. №6. 2020. С.55-63. EDN: UMGIXA
2. Андиева Е.Ю., Фильчакова В.Д. Цифровая экономика будущего, индустрия // Прикладная математика и фундаментальная информатика, 2016. № 3. С. 214-18. EDN: WKBNHXV
3. Волков А.А. Концепция "Умный город" [Электронный ресурс]: монография/ Волков А.А., Седов А.В., Челышков П.Д. М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2015. 92 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60821.html>. – ЭБС "IPRbooks" (Дата обращения: 02.09.2019).
4. Ефимушкин В.А. Понятие цифровой экономики [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://bi.hse.ru/data/2017/03/30/1168539176/КС28.03%20-%20Владимир%20Ефимушкин.pdf>/ (дата обращения: 01.02.2020).
5. Иванов В.В., Малинецкий Г.Г. Цифровая экономика: мифы, реальность, перспектива. М.: Российская академия наук, 2017. С. 36-37.
6. Иванова К.А., Степанов А.А., Немчинова Е.В. Кибербуллинг как девиация права граждан на свободу мнения в сети интернет // Актуальные вопросы российского права. 2019. №1 (98). С. 96-101. DOI: 10.17803/1994-1471.2019.98.1.096-101 EDN: VUIFFU
7. Кобец П. Н. Опыт развития законодательства в сфере правового положения иностранных граждан в период русского централизованного государства конца XV – начала XVIII столетия// История и общая теория обеспечения правопорядка. С. 18-24.
8. Об утверждении программы "Цифровая экономика Российской Федерации": Распоряжение Правительства РФ от 28.07.2017 № 1632-р / [Электронный ресурс] Режим доступа: / <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>/ (дата обращения: 20.02.2020).
9. Тоффлер Э. Третья волна. М.: Прогресс, 1999. 544 с. ISBN: 5-237-00960-3 EDN: SNCUQZ
10. Хайретдинова Р.С. Теоретические основы концепции "умный город" и особенности ее адаптации в регионе // Российское предпринимательство. 2014. №20(266). С. 101-106. EDN: SYQEON

ТИПОЛОГИЯ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ПОТЕНЦИАЛУ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ТУРИЗМА

В данной статье представлена типология регионов Российской Федерации по потенциалу развития промышленного туризма, созданная на основе кластерного анализа. В результате выявлены пять типов регионов: регионы-лидеры, с высоким потенциалом, с относительно высоким потенциалом, средним потенциалом и регионы с относительно низким потенциалом. Результаты могут применяться для совершенствования территориального планирования и управления развитием промышленного туризма.

Ключевые слова: промышленный туризм, типология, кластерный анализ

S.M. Fadeeva, svetafadeewa59@yandex.ru

Perm State University, Perm, Russia

TYPOLOGY OF THE REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION ACCORDING TO THE POTENTIAL OF INDUSTRIAL TOURISM DEVELOPMENT

This article presents a typology of the regions of the Russian Federation in terms of the potential for the development of industrial tourism, created on the basis of cluster analysis. As a result, five types of regions were identified: leading regions, with high potential, with relatively high potential, medium potential and regions with relatively low potential. The results can be applied to improve territorial planning and management of industrial tourism development.

Keywords: industrial tourism, typology, cluster analysis

Одним из наиболее активно развивающихся видов туризма в России и мире в целом является промышленный туризм [3]. Регионы России активно начинают заниматься его развитием. Агентство стратегических инициатив также поддержало новое направление в сфере туризма и занимается его продвижением.

Промышленный туризм в регионах России представляет собой возможность для туристов посетить промышленные объекты, узнать о производственных процессах и истории предприятий. Этот вид туризма позволяет познакомиться с разнообразными отраслями промышленности страны, включая нефтедобычу, горнодобывающие предприятия, машиностроение, химическую промышленность и другие.

В регионах России проводятся различные экскурсии на промышленные предприятия, организуются мастер-классы по изготовлению продукции, а также проводятся выставки и ярмарки, связанные с промышленностью. Туристы могут посетить заводы, шахты, нефтеперерабатывающие и химические предприятия, а также узнать об истории и особенностях развития данных отраслей.

Промышленный туризм позволяет не только расширить знания об экономике и производственных процессах страны, но и способствует развитию местной инфраструктуры и созданию новых рабочих мест.

Для устойчивого развития промышленного туризма в регионах важно понимать какие субъекты обладают наибольшим потенциалом, а какие находятся в «аутсайдерах».

Для проведения оценки потенциала развития промышленного туризма в регионах России был выбран метод расчета интегрального показателя.

Нормирование показателей рассчитывалось по формуле 1:

$$\bar{X} = \frac{x}{x_{\text{ср}}} (1),$$

где x – значение показателя; $x_{\text{ср}}$ – среднее значение по группе объектов.

Достоинство данного способа расчета заключается в том, что сохраняется разброс значений, т.е. характер различий между исследуемыми объектами по отдельно взятым показателям отражается абсолютно адекватно [1].

Следующим этапом стал расчет частных оценок по каждому блоку (с учетом весовых коэффициентов):

- первый блок – промышленно-производственный (число предприятий и организаций, число предприятий на душу населения, коэффициент разнообразия предприятий и организаций, рабочая сила, плотность размещение предприятий);

- второй блок – социально-экономический (среднедушевые доходы населения, ВРП, индекс промышленного производства);

- третий блок – инфраструктура (число турфирм, число мест в коллективных средствах размещения, плотность ж/д путей, плотность автодорог общего пользования с твердым покрытием).

Интегральный показатель рассчитывался по формуле 2:

$$X_{\text{инт}} = \sum x_i (2),$$

где x_i – значение i -го показателя.

По результатам расчетов регионы России были распределены по кластерам при помощи интернет-ресурса [4]. Результат представлен в таблице.

Таблица

Распределение субъектов России по кластерам, 2021 год

Кластеры	Субъекты	Количество субъектов
Кластер 0	Москва, Санкт-Петербург	2
Кластер 1	Красноярский край, Ленинградская область, Нижегородская область, Новосибирская область, Пермский край, Приморский край, Республика Башкортостан, Республика Крым, Республика Татарстан (Татарстан), Ростовская область, Самарская область, Свердловская область, Севастополь, Ставропольский край, Челябинская область	15
Кластер 2	Амурская область, Архангельская область (кроме Ненецкого автономного округа), Астраханская область, Еврейская автономная область, Забайкальский край, Камчатский край, Карачаево-Черкесская Республика, Костромская область, Курганская область, Магаданская область, Мурманская область, Ненецкий автономный округ (Архангельская область), Новгородская область, Республика Алтай, Республика Бурятия, Республика Калмыкия, Республика Карелия, Республика Коми, Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Республика Саха (Якутия), Республика Тыва, Республика Хакасия, Сахалинская область, Томская область, Хабаровский край, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (Тюменская область), Чукотский автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ (Тюменская область)	29
Кластер 3	Краснодарский край, Московская область	2
Кластер 4	Алтайский край, Белгородская область, Брянская область, Владимирская область, Волгоградская область, Вологодская область, Воронежская область, Ивановская область, Иркутская область, Кабардино-Балкарская	37

Кластеры	Субъекты	Количество субъектов
Кластер 4	Республика, Калининградская область, Калужская область, Кемеровская область – Кузбасс, Кировская область, Курская область, Липецкая область, Омская область, Оренбургская область, Орловская область, Пензенская область, Псковская область, Респ. Сев. Осетия-Алания, Республика Адыгея (Адыгея), Республика Дагестан, Республика Ингушетия, Рязанская область, Саратовская область, Смоленская область, Тамбовская область, Тверская область, Тульская область, Тюменская область (кроме ХМАО-Югры и Ямало-Ненецкого автономного округа), Удмуртская Республика, Ульяновская область, Чеченская Республика, Чувашская Республика – Чувашия, Ярославская область	37

Составлено автором

Согласно типам, кластеры распределились следующим образом: кластер 0 – регионы-лидеры, кластер 1 – регионы с относительно высоким потенциалом, кластер 2 – регионы с относительно низким потенциалом, кластер 3 – регионы с высоким потенциалом, кластер 4 – регионы со средним потенциалом. Типология стран представлена так же на рис.



Рис. Типология регионов России по потенциалу развития промышленного туризма за 2021 год (составлено автором)

Типология регионов России по потенциалу развития промышленного туризма необходима для определения стратегических направлений развития данной отрасли в различных регионах страны. Это позволяет выделить основные группы регионов с различным уровнем развития промышленного туризма и специфическими особенностями, что позволяет разрабатывать целевые программы и инвестиционные проекты для каждой из них.

Промышленный туризм в регионах России представляет собой интересную и перспективную отрасль, которая способствует разностороннему развитию туристической индустрии и экономики страны.

Библиографический список

1. Ключникова Е.В., Шитова Е.М. Методические подходы к расчету интегрального показателя, методы ранжирования // Инноцентр. 2016. №1 (10). С. 4-18. EDN: YHWMIL
2. Конышев Е.В., Фадеева С.М. Методика интегрально-балльной оценки промышленно-туристской привлекательности муниципальных образований (на примере Пермского края) // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. 2023. Т.9. №4. С.13-24. DOI: 10.18413/2408-9346-2023-4-0-2 EDN: UMYCIP
3. Танина А.В., Сергеев Д.А., Конышев Е.В., Танин Е.Ф. К вопросу о направлениях исследования промышленного туризма // Бизнес. Образование. Право.2022.№1(58).С.158-170. DOI: 10.25683/VOLBI.2022.58.170 EDN: EKZKXP
4. Королевство статистики. Кластерный анализ [Электронный ресурс]. URL: <https://www.statskingdom.com/cluster-analysis.html>.

КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ДЕТСКОЙ НАГРУЗКИ НА ТРУДОСПОСОБНОЕ НАСЕЛЕНИЕ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье приводятся результаты анализа детской нагрузки на трудоспособное население Волгоградской области в 2020 г. Данная работа является составной частью исследования динамики указанного показателя, начиная с 2002 г. Приведены выводы о территориальных различиях уровня детской нагрузки в регионе.

Ключевые слова: трудоспособное население, детская нагрузка, Волгоградская область

N.M. Khavanskaya¹, M.N. Kuznetsova^{1, 2} khavanskaya@volsu.ru

¹Volgograd State University, Volgograd, Russia

²FSC of Agroecology of RAS, Volgograd, Russia

CARTOGRAPHIC METHODS OF STUDYING CHILD LOAD ON THE WORKING-AGE POPULATION OF THE VOLGOGRAD REGION

The article presents the results of the analysis of the child load on the working-age population of the Volgograd Region in 2020. This work is an integral part of the study of the dynamics of this indicator, starting from 2002. Conclusions are given on the territorial differences in the level of child load in the region.

Keywords: working-age population, child load, Volgograd Region

Карты демографической нагрузки – это карты, которые показывают соотношение численности неэкономически активного населения (обычно дети и пенсионеры) к численности экономически активного населения (люди в трудоспособном возрасте). Эти карты используются для анализа и планирования в социальной политике, экономике и управлении ресурсами.

Для исследования демографической нагрузки на трудоспособное население используется понятие пенсионной, детской и общей нагрузки. В представленной статье речь идет именно о детской нагрузке на трудоспособное население в 2020 году. Для анализа использованы данные с официального сайта Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Волгоградской области «Волгоградстат» [3]. Коэффициент детской нагрузки на трудоспособное население является важным показателем для измерения социально-экономического развития общества. Он представляет собой отношение численности детского населения к численности трудоспособного населения и рассчитывается по формуле:

$$K_y = \frac{P_y}{P} \times 100, \quad (1)$$

где K_y – доля населения моложе трудоспособного возраста;

P_y – численность населения младше трудоспособного возраста;

P – общая численность населения, исследуемой территории.

Исследование коэффициента детской нагрузки на трудоспособное население позволяет оценить социальные и экономические аспекты демографической ситуации в обществе. Например, высокий коэффициент детской нагрузки может свидетельствовать о возрастающем давлении на систему социального обеспечения, усложненной реализации программ образования и здравоохранения, а также о перспективах увеличения численности пожилого населения в будущем. Карта детской нагрузки на трудоспособное население – это инстру-

мент, который показывает соотношение числа детей к числу взрослых в трудоспособном возрасте. Этот показатель важен для понимания будущих социально-экономических обязательств государства, так как он указывает на потенциальную нагрузку, которую молодое поколение может оказать на экономически активное население.

Высокий коэффициент детской нагрузки может указывать на необходимость увеличения инвестиций в образование и здравоохранение, а также на потребность в разработке политики поддержки семей с детьми. С другой стороны, низкий коэффициент может свидетельствовать о сокращении численности молодого поколения, что может привести к дефициту рабочей силы в будущем.

В ходе исследования была получена картосхема, представленная на рисунке.

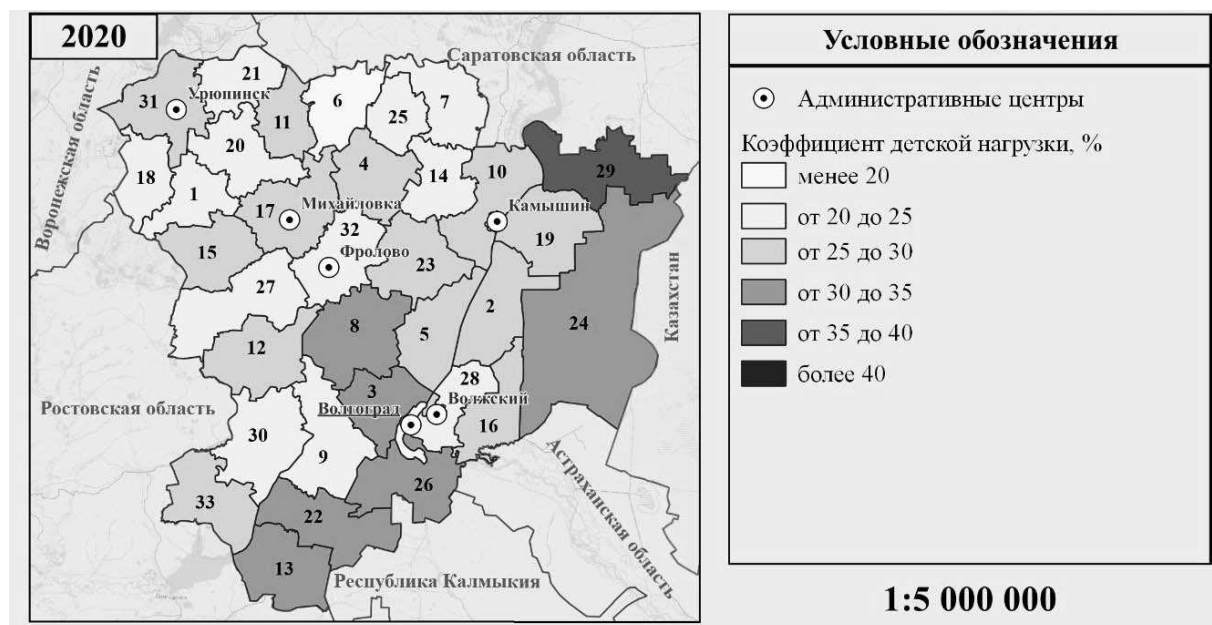


Рис. Детская нагрузка на трудоспособное население
Волгоградской области в 2020 г.

В ходе анализа картосхемы детской нагрузки на трудоспособное население Волгоградской области в 2020 году были получены следующие выводы:

1. В 2020 году наибольший показатель составил от 35% до 40% и затронул Старополтавский район. Наименьший показатель – менее 20% был зафиксирован в Еланском муниципальном районе.
2. Сравнивая значение показателя детской нагрузки в 2020 году с выявленными ранее [2], можно отметить, что в 2020 году показатель уменьшился в 17 районах Волгоградской области, в 13 остался неизменным и увеличился в Городищенском, Ленинском и Котельниковском муниципальных районах.

Библиографический список

1. Барсуков В. Н. Демографическое старение населения: методы оценки // Вопросы территориального развития. 2014. № 4. С. 1-9. EDN: SEORUB
2. Кузнецова М. Н. Исследование демографического старения населения Волгоградской области с использованием ГИС-технологий М. Н. Кузнецова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2023. № 4-2(79). С. 33-36. DOI: 10.24412/2500-1000-2023-4-2-33-36 EDN: MFKAKT
3. Статистика и исследования // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Волгоградской области: официальный сайт. Волгоград. URL: <https://volgstat.gks.ru/> (дата обращения 21.04.2024).

УДК 81'373.2

Н.Г. Бабаев, natiq_20@mail.ru

Институт Географии имени акад. Г.А.Алиева. Баку, Азербайджан

ДРЕВНИЕ ТЮРКСКИЕ ПЛЕМЕНА УЗЫ И ПЕЧЕНЕГИ. ИСТОРИЧЕСКИЕ МЕСТА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ

Статья посвящена печенегам и узам из племен огузов. Узы были против печенегов во все периоды истории. Печенеги во все эпохи всегда искали надежных союзников для укрепления себя. Из истории также известно, что союзников они искали среди русских частей.

Ключевые слова: Уз, печенег, огуз, гагауз, древняя история, земля Ковдар

N. Babayev, natiq_20@mail.ru

Institute of Geography, Baku, Azerbaijan

ANCIENT TURKISH TRIBES UZ AND PECHENES. HISTORICAL LOCATIONS AND DISTRIBUTION AREA

The article is dedicated to the Pechenegs and Uz from the Oghuz tribes. The Uzs have been against the Pechenegs in all periods of history. Pechenegs had always looked for reliable allies to strengthen themselves in all eras. It is also known from history that they were looking for allies among the Russian units.

Keywords: Uz, Pecheneg, Oghuz, Gagauz, ancient history, the land of Kovdar

The main homeland of the Pechenegs from the Oghuz tribes was the lower land of the Syr Darya river. They came to Azerbaijan in the 13th century. There is information about the existence of a small Pecheneg tribe in Barda district (1593) and Ahinci district of Ganja province (1727). It is known from the sources that Pechenegs were neighbors with Uz and Khazars. It is also written in the sources that the Uz (Oghuz) united with the Khazars and forced the Pechenegs to the west. At the same time, it is a historical fact that the Khazars fought with the Umayyads and the Abbasids (Arabs) in the 8th century. The uprising of the Khabars in the first half of the 9th century greatly weakened the power of the Khazars. The Pechenegs took advantage of the opportunity to settle in the Volga River basin, where they boldly attacked the caravan routes (to Khorazim). As a result, a serious danger was posed for those who trade through this road. The Khazars, who could not prevent the danger, were forced to call for help from the Oghuzs, who were at enmity with the Pechenegs. Ibn Rusta (Ibn Dasta), a researcher who lived in the 10th century, writes that even though the Khazars themselves lived far away from them, they attacked the Pechenegs every year. It is known that the Uz and Pecheneg tribes were one of the ethnic groups involved in the ancestry of the Azerbaijani people.

While the Uz once settled around the Black Sea, not all of the Pechenegs who lived there supported them. Although some of the Pecheneg tribes preferred to be with the Uz, the other part served the Russians and submitted to the Principality of Kiev. It is known from the sources that some of them preferred to live with the Hungarians from the second half of the 10th century. The fact that the Pechenegs took refuge under the protection of Hungarians is not only due to the pressure of the Uz tribes, they (the Pechenegs) also did not get along among themselves and constantly fought with each other. The Uzs themselves were periodically (since 1030) attacked by the Kipchak-Cumans. They came to this area from the banks of the Volga River. As a result of the raids of the Uz, the Pechenegs were forced to retreat to the areas on the right bank of the Dnieper River.

The Pechenegs were attacked by the Oghuz and Khazars at different periods of history. Unable to withstand these pressures, the Pechenegs retreated in the direction of the Don River. However, they (the Pechenegs) do not maintain a peaceful stance and attack the Hungarians. The area where the Hungarians lived was called "Levedia". Those areas were the lands around the Black Sea (between the Dnieper and Don rivers). Having lost the battle, the Hungarians were forced to withdraw to the west. According to researchers, this battle happened in 889. On that date, Reginon also mentions the retreat of the Hungarians from the territory of "Levedia" in his chronicle. Reginon was the abbot of the Prum monastery in western Poland. As mentioned, as a result of the attack of the Uz, most of the Pechenegs turned to the west, and the rest of them preferred to be with the Oghuz. Those families living under the rule of the Oghuz had the chance to stay in their homeland [9].

Pechenegs had always looked for reliable allies to strengthen themselves in all eras. It is also known from history that they were looking for allies among the Russian units. Especially when the Russians started a civil war among themselves (at the time of Vladimir's death), the Pechenegs tried to take advantage of this and defended Svyatopolk. Although he was not successful at that time, in the following years (in 1015) Svyatopolk was able to achieve his wish by becoming the Grand Prince in Kiev. Svyatopolk, who acquired this post at the expense of his father-in-law (Boleslav I Khrobryn), lost Kiev after only 3 years (in 1018) with Yaroslav's attack. Svyatopolk, who faced a difficult situation, was still supported by the Pechenegs. A year later, gathering strength, they marched on Yaroslav and were forced to retreat as their attack was not successful [4].

The Pechenegs constantly looked for ways to gain a positional advantage. It is also known that in the following years they advanced from the Black Sea region to the west, as well as to the areas along the banks of the Danube River. They did not hesitate to attack the territory of Bulgaria (in 1026) and at first succeed. It is known from history that the Byzantines occupied the territory of Bulgaria at that time. Pechenegs destroyed a large number of Byzantine soldiers and captured their commanders. Despite all this, after some time the Pechenegs, unable to withstand the pressure of the Byzantine, were forced to retreat. However, the reforms carried out by the Byzantine Empire, which ruled the area, did not satisfy the local population at all. After the 1030s, these discontents grew and resulted in popular uprisings. Taking advantage of this opportunity, the Pechenegs periodically (in 1032-1036) attacked the positions of the Byzantines and tried to gain advantages. Researchers give different explanations for the reasons why the Pechenegs moved to these places from the area where they lived, the lands around Russia (north of the Black Sea). Some researchers attribute this to the fact that the lands they settled in later were richer and more fertile. Other researchers explain the reason why the Pechenegs moved away from their old homelands with the fact they suffered heavy defeats during the battles. Especially at this time, the years when Grand Prince Yaroslav I of Kiev defeated the Pechenegs (1034-1036 years) were mentioned in their works [12]. There are historians who evaluate this fact in a different way, by connecting this displacement with the Uz, which the Russians also knew as Torki/Torkil. According to them, the reason for the migration of Pechenegs to the Danube region is connected with the settlement of the Uz tribes around the Dnieper River.

The Uz were one of the ancient Turkic tribes. Their name is mentioned for the first time by Konstantin Bagryanarodin (10th century author). From the author's work, it is known that the Uz lived in Eastern Europe and their homeland was the territories along the Volga. The first settlements of the Uz were the territories belonging to the Oghuz around the Caspian Sea. Turkish researcher Kemal Anadolu's opinion about this ethnotoponym is also interesting. The researcher writes that the Greeks wrote the Oghuz ethnotoponym as Uz. Some researchers agree with his opinion. In Russian sources, the word "türk" is indicated as tork (XI-XII century). Apparently, due to the absence of the sound "ü" in the Russian language, this letter ("u") was replaced by the sound "o". At that time, in the eastern sources, we see that Uz was known as Guz [6].

The Byzantine historian Georgios Kedrenos also mentions the Pechenegs in his "Short History of the World" (1050). The researcher states that they live in the lands stretching from Pannonia to the Dnieper and consist of 13 tribes. At the same time, Georgios Kedrenos writes that the

Pechenegs were led by Ilter's son Turak. In those years (1048-1049), another civil war took place among the Pechenegs [11].

After the Uz settled in the north of the Danube River, they were forced to continue withdrawing from that area, as a result of the Cuman-Kipchak formations' ongoing pursuit of them. In the winter months of 1064-1065, they went to the Balkan lands, for which, first of all, they crossed the Danube River and caused great destruction in the surrounding areas. Despite all this, the harsh winter months and infectious diseases spreading among the fighters made the attack of the Uz unorganized. Pechenegs and Bulgarians took advantage of this opportunity to destroy the Uz. In the end, a small part of them were subordinated to the Pechenegs, and others to the Byzantines, and were assimilated in the next period. Benefiting from the situation, the Pechenegs settled in large areas around the Danube. The sources even state that the owner of the Silistra fortress in the area (named Tatush/Tatos) was a Pecheneg, and their (Pechenegs') attacks on the Byzantines (in 1067) are mentioned [8].

It is historically correct to mention that there were occasional battles between the Byzantines and the Pechenegs. However, during the Byzantines' attacks on Anatolia, there were mercenary Pechenegs who fought with them separately, along with Uz and Pechenegs. There is also a historical fact that during the Battle of Malazgirt, the Pechenegs refused to fight against the opposing side together with the Byzantines and went to the side of the Seljuks. The Pechenegs who were captured in those battles also took this position. This event completely undermined the authority of Byzantium in the Balkans. The Pechenegs used this opportunity to become much stronger [13].

The traces of Pechenegs can be found in different parts of the world in the territory of the countries such as Ukraine, Poland, Slovakia, Austria, Hungary, Moldova, Romania, Bulgaria, Macedonia, Greece, Turkey, etc. [5].

Uz tribes had a wide area where they lived throughout the history. Kovdar yurd, which is of ethnonym origin, located in Arazbar district of Azerbaijan, is one of the toponyms related to Uz. An Ottoman source (1727) provides information about this place. In the source, it is stated that no one lived in the settlement, cereals were planted in its territory, and the income received from the area was 24,000 agcha [7].

Discussing the first component of the name Kovdar, we should mention that it belongs to the Kov tribe. Some researchers (N.A. Baskakov) consider the Tork (Turk), Kov and Berende tribes to be branches of the Uz tribal union. The names of these tribes are found in Russian chronicles [2].

The Kavs are a Turkish population who lived in the forested steppes on the left banks of the Dnieper in the 12th-13th centuries. They used to be nomads in the steppes of Kipchak. Under the pressure of the Pechenegs, they left their native places and came to the Dnieper area.

In 1185, when the Russian prince Igor Svyatoslavich was marching against the Pechenegs, he met the Kavs. Kov tribe consisted of Mogut, Tatan, Shelbir, Topchak, Revug and Olbar tribes [3].

It should be noted that there is a place called Topchag in Arazbar. As a result of research, it was found that this geographical name (Topchag\\Topchak\\ Tobichak) is an ethnotoponym. I. N. Berezin expressed his attitude to this ethnos when writing a review of the book "Igor Prince Seversky" (from the middle centuries). In that review, the researcher mentions the Topchak\\Tobichak tribe and indicates that the meaning of the ethnonym is "stout horse". The explanation of the word topchak is given by V. Radlov as "strong, beautiful horse", "girdle", "round", "lump" [14], by F. E. Korsh as "a special kind of horse" [10], by G. Yarring as "beautiful horse, stout horse", "tall horse", "stout horse" [1].

It is interesting that to this day there is a generation, a tribe (Karagula-Tobuchag) in Kazakhstan (in Akmoln region of Kokchetav district) that keeps the name of this ethnic group alive. We also come across Topchak\\Tobuchak name in "Igor Polku".

The conducted researches confirm that this name ("Topchag"), which has a wide area, is of Turkic origin (top- ball, chag- a diminutive suffix, i.e., in the sense of "bulky ball"). This name (Tepchek) is also used in the sense of a man (by the Chuvash). It is known from the sources that the

families living in the Topchak Plain also belong to this tribe. Those people are Topchaks who once migrated to this plain. In one of his works, the writer Sabir Ahmadli called this area belonging to the Topchak tribe "bumpy, round, balloon-shaped, flat" [3].

The Kovdar arch in Kabirli village (Beylagan district) bears traces of this toponym. Researchers say that the Gavur hydronym here was once called the Kovdar arch.

According to the sources, historical facts confirm that the territories belonging to the Kovdars were also the places where the Uz settled.

According to the historical sources, some of the Turkic tribes migrated to the north of the Black Sea (in the 10th century) before the Mongols attacked those areas. It is also known from the sources that the Oghuz Yabgu state was already erased from the stage of history in that period. As we mentioned, a part of the Uz tribes mixed with the Hungarians and assimilated, while the other part appeared under a new name (Gagauz). The Gagauz Turks settled in the Doburca region. The refusal of the Uz to fight together with the Roman army in the battles of Malazgirt and their siding with the Seljuks also had a positive effect on the success of the Turkic tribes in later periods. The reason why the Uz flowed west in 1060 and became neighbors with the Pechenegs again was due to the increasing pressure of the Cumans on them.

The battle that sent the Pechenegs to the memory of history took place in Levounion (near Enez). The Byzantines totally destroyed their forces and brought their end. A small part of Pechenegs escaped to Macedonia and Hungary (around the Danube). In the following years (1116), both the Pechenegs and the Uz lived under the control of the Cumans. As they did not stop peacefully, they had to leave again and settle around Kiev. In 1121, the Russian prince sent the Pechenegs to the lands near the Danube River.

Although both Uzs and Pechenegs underwent assimilation in the course of history, many toponyms keep their name alive today.

Библиографический список

1. The problems of Azerbaijani onomastics. Etymology of the toponyms Kirakhdin, Gayan and Topchak. -B., 1990, p. 107–108.
2. Baskakov N.A. "The Tale of Igor's Campaign." Monuments of literature and art of the XI-XVII centuries. M., 1978. P. 79.
3. Chingizoglu A., Gubadoglu N. Geography of historical homelands of Azerbaijan. Baku: Mutarjim, 2015, 176 p.
4. Ebu'l-Gazi Bahadir Khan – Shecere-yi Terakime (Tipkibasim). Istanbul, Turkish Language Institute Publications. 2015. No. 143.
5. Asmad Mukhtarova. History of the Turkic peoples (ancient times and the Middle Ages). *Textbook for high schools*. Baku, "Adiloglu" publishing house – 2008, 448 pages.
6. Faruk Sumer, Oghuzlar (Turkmens) Their *History, Tribe Organization, Epics*, Istanbul 1992, p. 44-45, 238-240.
7. Detailed notebook of Ganja-Karabakh province. "Shusha" publishing house. Baku. 2000. p. 479.
8. Huseyin Namik Orkun, Pechenegs, Istanbul 1933. a.mlf., Old Turkic Inscriptions, Istanbul 1936, I, 46, 47.
9. Ibn Dasta (Ibn Rusta). News about the Khazars, Burtases, Bulgarians, Magyars, Slavs and Russians. Fax ed. / Per. from Arabic, comm. D. A. Khvolson. – Mn.: Kovcheg LLC, 2010. – XIV, 200 p.
10. Korsh F.E. Turkic tribes in Asia " The Tale of Igor's Campaign". – Collection of the Department of Russian Language and Literature ", t. VIII, kn. 4, SPb., 1903.
11. Krumbacher K. Georgy Kedrin // Krumbacher K. Byzantine historians and chroniclers. – St. Petersburg, 1913 (region 1912). — (Essays on the history of Byzantium / Edited and with a foreword by V. N. Beneshevich; Issue III). — P. 111-112.
12. "Muscovite" journal. SPb, 1984, VI, № 22, p. 70.
13. Oguz Unal. Malazgirt 1071. Malazgirt Beginning in the New Turkic Formation. Otuken Publishing. Beyoglu-Istanbul-2020. Issue.605
14. Radlov V. Turkish Dictionary Experience. SPb, 1905, t. III, p. 1230.

В.К. Герасимов¹, А.А. Бартенев¹, А.В. Пименов¹, М.О. Закутнев¹, А.А. Землянскова²
anastasiazemlanskova@gmail.com

¹Средняя общеобразовательная школа в пос. Усть-Омчуг, пос. Усть-Омчуг, Россия

²Северо-Восточный государственный университет, г. Магадан, Россия

НАУЧНО-ТУРИСТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ТЕНЬКИНСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО ОКРУГА МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ

В работе представлен опыт взаимодействия учеников средней школы и ученых на комплексном полигоне Анмангындинская наледь, а также развитие собственных исследований, актуальных для региона. Благодаря популяризации науки среди молодежи наблюдается приток туристов из других регионов.

Ключевые слова: наледь, туристический потенциал, Магаданская область, золотодобыча, мерзлота

V. Gerasimov¹, A. Bartenev¹, A. Pimenov¹, M.O. Zakutnev¹, A.A. Zemlianskova²
anastasiazemlanskova@gmail.com

¹Secondary school of general education in Ust-Omchug, Ust-Omchug, Russia

²North-Eastern State University, Magadan, Russia

SCIENTIFIC AND TOURIST OPPORTUNITY OF THE TENKINSKY MUNICIPAL DISTRICT OF THE MAGADAN REGION

The experience of interaction between secondary school students and the scientists at the Anmangynda aufeis complex worksite, as well as the development of their own research relevant to the region is presented. Thanks to the popularization of science among young people, there is an increase of tourists from other regions.

Keywords: aufeis, tourist opportunity, the Magadan region, gold mining, permafrost

Тенькинский район образован в 1953 году, расположен на северо-западе Магаданской области. Здесь находятся крупные месторождения золота, отраслью экономики является золотодобыча. Одними из главных предприятий являются Полнос, Павлик. В рамках профориентационных мероприятий эти организации проводят экскурсии для школ по запросу [3; 4]. Так, ученики знакомятся с социально-экономической географией на примере своего региона, получают информацию о возможности трудоустройства из первых уст.

Одной из особенностей района является то, что здесь находятся два исторических научных полигона – Колымская водно-балансовая станция (1948–1997 гг.) и Анмангындинская наледь (1962–1990 гг.), на которых проводились комплексные работы по изучению взаимодействия поверхностных и подземных вод в зоне распространения многолетнемерзлых пород [2; 6]. Для продолжения ряда наблюдений в 2020 г. в регион приехали ученые из Санкт-Петербурга, которые теперь на базе Санкт-Петербургского Северо-Восточного государственных университетов проводят свои исследования, а также организуют научно-популярные и профориентационные лекции, полевые выезды для учеников школы пос. Усть-Омчуг.

Взаимодействие школьников и ученых способствует росту интереса к науке через вовлечение обучающихся в научную деятельность. В течение 2021–2022 гг. на территории Тенькинского МО проводился отбор осадков с целью изучению изотопного состава. Ученики МБОУ СОШ пос. Усть-Омчуг принимали непосредственное участие – соорудили конструкцию для сбора проб. Результатом стала научная статья, посвященная изучению содержания кислорода в осадках с целью определения движения воздушных масс [5].

Ученые и студенты ведущих ВУЗов страны, которые приезжают на практику в Магаданскую область, совместно с педагогами организуют занятия на полигоне Анмангындинская наледь. Он находится в 30 км от пос. Усть-Омчуг. Здесь развернута сеть наблюдений за многолетнемерзлыми породами, динамикой подземных вод, характеристиками наледи и др. За годы сотрудничества с учеными на этом полигоне школьники смогли познакомиться с такими профессиями, как: гидролог, метеоролог, геофизик, геолог, мерзловед и др. Во время каждого полевого выезда обязательно проводится практическое занятие, позволяющее ознакомиться с навыками научной деятельности. Так, был получен опыт работы с георадаром, который использовался для измерения толщины Анмангындинской наледи, гидрологической вертушкой – для измерения расхода воды, GNSS оборудованием – определение координат с высокой точностью и др.. Анмангындинская наледь также является туристическим объектом, который ежегодно посещает не менее 50 человек во время движения по маршруту «Золотое кольцо Колымы».

В 2023 г. на территории школы была пробурена и оборудована термометрическая скважина глубиной 30 м, на которой в настоящий момент ведутся наблюдения за распределением температуры горных пород в зоне талика. Задачей учеников является измерение высоты снежного покрова вблизи скважины для дальнейшего определения его влияния на динамику сезонного промерзания/оттаивания пород. Другой важной задачей является измерение глубины протаивания на площадке CALM с помощью мерзлотного щупа (Рис.). Полевые исследования позволяют изучать физическую географию на местности, а также улучшать знания в области физики.

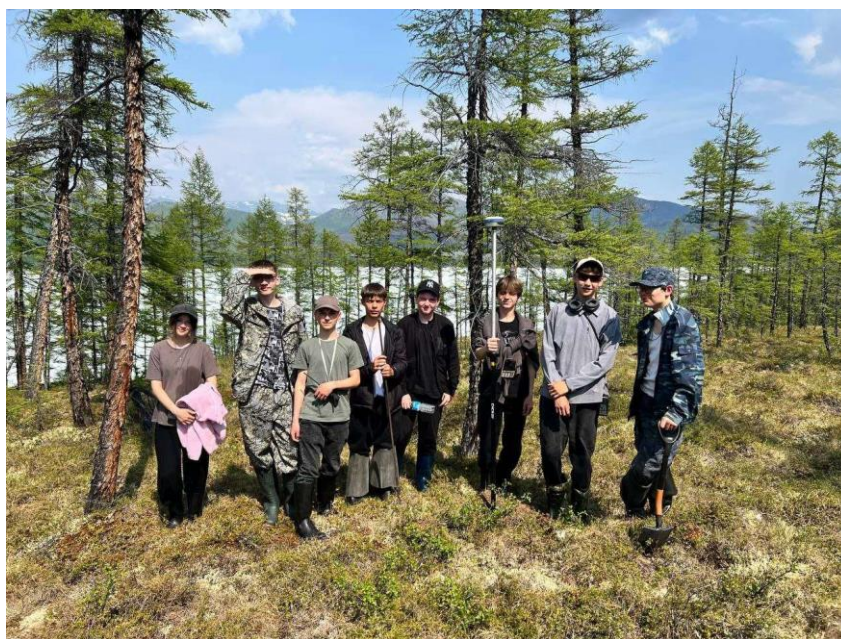


Рис. Ученики пос. Усть-Омчуг на площадке CALM в бассейне р. Анмангынды.

Во время работ в июне 2024 г. на площадке CALM было отмечено, что мерзлота является естественным водупором, поэтому талые воды текут поверх неё. Моховая подстилка способствует медленному протаиванию пород. Результаты измерений показали, что максимальная глубина протаивания составила 40 см несмотря на то, что температура воздуха выше 25°C наблюдалась в районе исследования на протяжении нескольких дней.

За счет того, что в регионе развита золотодобыча, актуальной является задача мониторинга химического состава рек и определения степени нарушенности русел рек [7]. Так, одним из научных направлений стал отбор проб воды и измерение ее температуры в рр. Омчук и Детрин, которые протекают в пос. Усть-Омчуг. Первые результаты были представлены на районной научной конференции, доклад подготовлен под руководством учителя химии Павла Ивановича Кунца.

Пос. Усть-Омчуг является центром Тенькинского муниципального округа. Развитие городской среды и научной деятельности делает его также центром притяжения ученых и туристов. В 2023 г. была проведена первая полевая научная школа «Гидрология горной криолитозоны». В ней приняло участие пять молодых ученых из разных ВУЗов России, которые также провели научно-популярные лекции для учеников. Молодые ученые проехали 427 км от г. Магадан до пос. Кулу по горной Тенькинской трассе, побывали на экскурсии в ведущей золотодобывающей компании «Полюс Магадан» [1; 3], увидели, как в суровых условиях криолитозоны развивается сельское хозяйство. Данное мероприятие показало перспективы развития научно-туристического направления в регионе.

Исследование выполнено при поддержке Полус фонд проект «Геоэкология 2.0 – научный дозор за мерзлотой». Авторы выражают благодарность Администрации Тенькинского муниципального округа и лично главе Денису Анатольевичу Ревутскому.

Библиографический список

1. Институт наук о Земле. Электронный ресурс <https://earth.spbu.ru/news-events/news> (дата обращения 15.09.2024).
2. Макарьева О.М., Лебедева Л.С., Виноградова Т.А. Моделирование процессов формирования стока на малых горных водосборах криолитозоны (по материалам Колымской водно-балансовой станции) // Криосфера Земли, 2020, т. XXIV, № 1, с. 43-56. DOI: 10.21782/KZ1560-7496-2020-1(43-56) EDN: UYVYJJ
3. Магадан медиа. Электронный ресурс <https://magadanmedia.ru/news/1531759/> (дата обращения 15.09.2024).
4. Полус. Электронный ресурс <https://career.polyus.com/school/> (дата обращения 15.09.2024).
5. Хомякова В., Землянская А., Екайкин А., Макарьева О., Нестерова Н., Осташов А., Тебенькова Н. Содержание изотопов кислорода в осадках в Тенькинском районе Магаданской области // Метеорология и гидрология, 2023, №2, с. 100–111. DOI: 10.52002/0130-2906-2023-2-100-111 EDN: SBMXYA
6. Makarieva O.M., Nesterova N.V., Ostashov A.A., Zemlyanskova A.A., Tumskoy V.E., Gagarin L.A., Ekaykin A.A., Shikhov A.N., Olenchenko V.V., Khristoforov I.I. Perspectives of the Development of Complex Interdisciplinary Hydrological and Geocryological Research in the North-East of Russia // Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences, 2021. 66 (1), P. 74-90. DOI: 10.21638/spbu07.2021.105 EDN: LSMDMK
7. Shikhov A., Ilyushina P., Makarieva O., Zemlianskova A., Mozgina M. Satellite-based mapping of gold-mining-related land-cover changes in the Magadan region, Northeast Russia // Remote Sensing, 2023. Vol. 15(14), P. 3564. DOI: 10.3390/rs15143564 EDN: QLDJUS

Ш.Ф. Исмаилова, Shehla.adilzade@gmail.com
Институт Географии, Баку, Азербайджан

ХАЙКИНГ-ТРОПЫ В ИСМАЙЛЛИНСКОМ РАЙОНЕ

В горных регионах и на охраняемых территориях хайкинг обычно является наиболее важным видом отдыха, поскольку для многих людей ходьба является спортом номер один и одной из самых простых и естественных форм отдыха и физических упражнений. В статье описаны несколько туристических маршрутов Исмайллинского района. Длина дорог, время завершения и расстояние от мест для пикника были зафиксированы в ходе полевого обследования, проведенного должностными лицами Шахдагского национального парка.

Ключевые слова: хайкинг, Исмайллинский район, Шахдагский национальный парк, туристические тропы

SH. PH. Ismailova, Shehla.adilzade@gmail.com
Institute of Geography, Baku, Azerbaijan

HIKING TRAILS IN ISMAYILLI DISTRICT

In mountain regions and protected areas hiking is normally the most important recreational activity, because walking is the number one choice of exercise for many people and one of the simplest and most natural forms of recreation and exercise. Several hiking trails of Ismayilli district are described in the article. The length of the roads, the completion time and the distance of the picnic spots were recorded during the field survey conducted by the officials of the Shahdag National Park.

Keywords: hiking, Ismayilli district, Shahdag National Park, hiking trails

Introduction. Modern sports within tourism, which is an important part of the lives of societies has reached a very important place in recent years. This relationship began when sports have started to take an important place in human and social life and the tourism sector wanted to benefit from it. In today's world, sports within tourism manifest themselves in many different forms (Doğu, 2006). However, when the tourism literature is examined, it is revealed that sports tourism is generally evaluated in five main categories: nature, winter, water, passive-based and nostalgia sports tourism. One of the nature based sport tourism is hiking, which is attracts the most interest of the masses due to does not require high physical training and technique, low risk of injury, low costs and etc. [1]

Hiking is a short-distance nature walk that includes a distance of at least 2 miles and may last 1 day or more (Standeven ve Knop, 1999; Küçükaslan, 2005). The word “hiking” was completely unknown until the 1970’s (Lopez, 1999). The origin of hiking was initially focused on a professional activity, which was exclusively related to mountain sports federation and hiking clubs. From the 90’s onwards a remarkable change took place and hiking took on targets such as health, tourism, culture, liesure or education among others (Cachon- Zagalaz et al. 2019; Gomez-Martin, 2019). [2]

During hiking tourists can explore natural beauties, can focus on the nature of the landscape, which consist of relief and its forms, its coverage, orography and hydrography, flora and fauna, geological development of the area, special geological formations and nature protection. Hiking is usually the most important recreational activity in mountainous areas and protected areas, as it offers the possibility of exploring different types of landscapes changing with a different altitude. [4]

Research area. İsmayilli district is located in an accessible area, on the Baku-Balakane highway, close to the capital. Regionally, the area is located on the roads leading from Central Asia to Georgia and Turkey.

District has a wide potential for the development of many types of tourism. District is situated in the South Slope of Greater Caucasus. In district all natural landscapes, starting from the mountain steppes to the snow-ice fields alternate each other along the vertical belt. Forest-steppe, forest, high mountain meadows landscape, nival-glacier areas are spread here.

The forest area, which is one of the important elements that attract tourists in the area, covers a large part of the area. In the area, there are oak and beech trees typical for Azerbaijan, as well as birch tree typical for the Siberian region (5-6 ha in the form of coppices) and black oak trees, which belong to the category of "vulnerable to extinction" according to the IUCN (International Union for Conservation of Nature) red list [3]. In the area, there is also a velas tree in the village of Talistan and a velas tree in the village of Galacik which has been listed as a biological monument of Azerbaijan due to its special characteristics.

The area is rich in animal species typical for the Caucasus region. Here one can find the East Caucasus tour, which is the reason for the creation of the Ismayilli Reserve, bear, wolf, fox, etc., and even bison and spotted deer brought from Europe.

One of the most important resources of the resort is the climate, 4 of the 9 climate types that exist in our republic exist in the territory of the region:

temperate climate with dry winter, temperate climate with evenly distributed precipitation, cold climate with abundant rainfall throughout the year, mountain tundra climate. [5]

The microclimate conditions in the mountainous, foothills and mid-mountainous areas of the area create favorable conditions for the organization of recreation, health, ecological and winter tourism.

The area is also rich in waterfalls, which are hydrological monuments that can attract tourists the most. In addition to Galacik and Chaygovushan waterfalls, which are included in the tourist routes, there are Mugu waterfalls, Gazi valley waterfalls, Marc waterfalls, Mollalar waterfalls, Tek Kabir waterfalls, Avavzil waterfalls, Agcagaya waterfalls, which are not included in tourist routes and can attract a large number of tourists. [3]

Galacik waterfall hiking trail. The length of the hiking trail is 2.8 km and the duration is 2 hours. The route starts from the entrance of the National Park in the north-west direction of Galacik village, which is located in 26 km of Ismayilli district. There is an information board and a direction sign at the entrance. There is a picnic place 2.1 km from the entrance point of the route, and the Shirvandara river flows 50 meters from the picnic place, which is rich in trout fishes. along the route, the road is surrounded by dense beech, walnut and other trees. At the last point of the route is the Galacik waterfall, which is 1500 m above sea level, and the starting point of the waterfall is surrounded by rocks. The source of the waterfall is spring water. There are guide signs along the route. It is possible to organize a tour to the area throughout the year.



Pic. 1. Galacik waterfall

Uzundere hiking trail. The length of the route is 4 km, duration is 2 hours. The route starts from the entrance to the National Park in the northern direction of Khanagah village, 7 km from Ismayilli district and continues along the Uzundara river. There is an information board at the entrance. It is possible to observe the flora of the Park from the entrance. During the tour, it is possible to see the Uzundara river, the Gungormez spring, beech, gray, and oak forests. At 2.0 km from the route entry point, there are seats and a picnic area for tourists to rest. There are directional boards and signs along the route. The tour is available in spring, summer and autumn seasons.

Sangalan hiking trail. The length of the route is 7 km, the duration is 3.5 hours. The route starts from the entrance to the National Park in the northern direction of Istisu village, 26 km away in Ismayilli district and ends at Sangalan summer pasture. There is an information board at the entrance. It is possible to observe the flora of the Park from the entrance. Along the way you can see

Istisu river, Alim spring, dense oak, pistachio, vales, blackthorn, dogwood, hawthorn, azgil and other trees and shrubs. At 2.4 km from the route entry point, there are seats and a picnic area for tourists to rest, as well as view point board at km. From the end point of the route, you can see the surroundings completely. The tour is available in spring, summer and autumn seasons.

Shakem hiking trail. The length of the route is 5.5 km, duration is 4 hours. The route starts from the entrance to the National Park in the north direction of the village of Gurbanafendi in the Ismayilli district and ends at Shakem summer pasture. You can see Valas, Karaçohra, Itburunu, Hawthorn, Azgil and other trees and shrubs. At 1.6 km from the entry point of the route, there are seats and picnic area for tourists to rest, and at 5.0 km there is a view point board. Deracay river, Zeynal spring, Agbulag spring are located on the route. From the end point of the route, one can have a complete view of the surroundings and return by another Zarat route. There are guide boards and signs along the route. The tour is available in spring, summer and autumn seasons.



Pic.2. Shakem summer pasture

Garanohur hiking trail. The length of the road is 4.5 km, the duration is 2.5 hours. The hiking trail starts from Talistan village in Ismayilli district, and ends at Garanohur Lake, located at an altitude of 1550 m. the area of the lake is 0.8 ha. it is fed by underground water and it is impossible to bathe because the water is cold. During the walk, you can see wild nature, Agchay river, Garanohur waterfall. There is a convenient way for tourists to walk along the route. 2.5 km from the entry point, there are seats and a picnic area for tourists to rest. Also, at 3.7 km, there is a view point from where you can clearly see the Garanohur waterfall, dense forests, and hard rocks. Along the way it is possible to see beech, oleander, blackberry, hawthorn, azgil and other trees and plants. It is possible to organize a tour to the area throughout the year.



Pic.3. Garanohur lake

Result. Hiking allows for year-round tourism, contributes to rural development and helps to manage the periods outside the high season. the fact that Ismailli district, a large area of which is included in the territory of Shahdag National Park, has the potential to attract tourists, and the presence of existing hiking trails makes it possible for many tourists to come to the area.

Reference

1. Batman, O., Eraslan, İ.H., Melih Bulu and Hakkı Eraslan (Ed.), Tourism in Achieving Sustainable Competitive Advantage. Sectoral Strategies and Applications, International Competition Research Association (İCRA) Publications, Publication №: 2007/1, İstanbul, P: 197-220.
2. Gonzalez-Pablo V. A critical overhaul of the current situation of hiking in Spain. Hiking in European mountains. Trends and horizons. July, 2020
3. İsmailova Sh. Ph. Ecotourism potential of Shahdag National Park (in İsmayilli section). "Nakhchivan" University/ Scientific works/ №4. Nakhchivan, " Nuh", 2023. P. 123-129 .
4. Molokac M., Hlavacova J., Tometzova D., Liptakova E. The Preference analysis for hikers choice of hiking trail. Sustainability 14(11):6795. DOI: 10.3390/su14116795. June 2022
5. Museyibov M. A. Physical geography of Azerbaijan. Baku, "Maarif", 1998, 400 pages.

Р.Е. Кидирниязов, А.А. Романько, kidirniyazov93@gmail.com
Пермский государственный национальный исследовательский университет
г. Пермь, Россия

МОДЕЛЬ БЛАГОУСТРОЙСТВА РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ Р. МУЛЯНКА В ПРЕДЕЛАХ Г. ПЕРМИ

В статье представлена модель благоустройства рекреационной зоны р. Мулянка в пределах мкр. Усть-Муллы и мкр. Парковый в г. Перми.

Ключевые слова: природно-рекреационный потенциал, модель рекреационной зоны, озеленение территории, архитектурные формы, ландшафтное планирование

R. Kidirniyazov, A. Romanko, kidirniyazov93@gmail.com
Perm State University, Perm, Russia

MODEL OF IMPROVEMENT OF THE RECREATIONAL AREA OF THE MULYANKA RIVER WITHIN PERM

The article presents a model for improvement of the recreational zone of the river. Mulyanka within the microdistrict. Ust-Mully and microdistrict. Parkovy in Perm.

Keywords: natural and recreational potential, recreational zone model, landscaping, architectural forms, landscape planning

Усть-Муллы – посёлок, микрорайон расположенный в городском округе Перми на правом берегу р. Мулянки. Ближайшие населённые пункты – д. Кондратово, Верхние Муллы, д. Хмели, д. Песьянка (рис. 1). Река Мулянка – левый приток Камы. Её верхнее течение находится на территории Пермского района, среднее и нижнее, а также устьевая часть – в Индустриальном районе г. Перми. Мулянка – равнинная река, длина её 52 км, площадь водосбора – 467 км². Река принимает 35 притоков, наиболее крупными являются реки Пыж и Рыж. Также р. Мулянка впадает в Воткинское водохранилище [2].

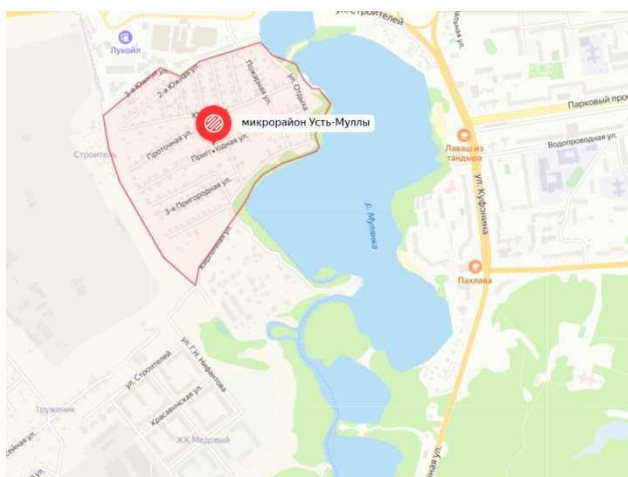


Рис. 1. Географическое положение мкр. Усть-Муллы

Длина реки 52 км, площадь водосбора 460,7 км². Ширина реки сильно изменяется и в некоторых местах достигает 400 м. На водосборе расположено озеро, общей площадью 0,08 км² [2]. Мулянка, протекая в черте г. Перми и по прилегающему к нему Пермскому району, подвергается загрязнению промышленными и бытовыми отходами, отходами животноводче-

ских хозяйств, используется для рекреационных целей (отдых на пляже, рыбалка и др.). Река выполняет важные экосистемные функции (средообразующую, регулирующую, резервационную и т.д.), является частью природного каркаса г. Перми, в пределах данной территории реализуются общественные экологические и социально-значимые инициативы. Береговая зона р. Мулянки в пределах мкр. Усть-Муллы и мкр. Парковый используется в целях отдыха и рекреации.

Для создания многофункциональной среды необходимо обеспечить территорию элементами благоустройства, позволяющими обеспечить безопасное пребывание населения на территории парка.

При проектировании на прибрежной территории рекреационной зоны выявлены следующие проблемы:

- Отсутствие комфортного доступа к зоне отдыха у воды;
- Неудобные подходы к водному объекту;
- Частично разрушенный подход от окружающих застроек и ближайших остановок общественного транспорта, а также полное отсутствие элементов информационной и навигационной инфраструктуры;
- Отсутствие благоустроенных пешеходных маршрутов вдоль береговой линии, дефицит инфраструктуры для различных видов отдыха;
- Небезопасность использования территории и самого водного объекта (отсутствие освещения, ограждений и др.); низкое качество воды, не соответствующее требованиям к ее рекреационному использованию.

Для повышения доступности зон отдыха у воды рекомендуется:

- Обустройство подходов к водным объектам;
- Обеспечение комфортного доступа к зонам отдыха у воды путем организации благоустроенной пешеходной инфраструктуры, связывающей такие зоны с прилегающей застройкой;
- Организация комфортных подходов к зонам отдыха у воды от ближайших остановок общественного транспорта;
- Установка элементов информационной и навигационной инфраструктуры, информирующих жителей о расположении зон отдыха у воды и указывающих направление движения к зоне отдыха;

Повышение комфорта перемещений пользователей на территориях зон отдыха у воды достигается за счет [1]:

- Организации доступа к территориям отдыха у воды для всех групп населения (установка пандусов в местах перепада рельефов, организация безопасных пешеходных переходов на улицах и пр.);
- Продуманных функционально-планировочных решений, предусматривающих дорожную связь рекреационных площадок в зонах отдыха у воды.

Повышение функционального разнообразия зон отдыха у воды достигается путем:

- Обустройства рекреационных площадок, рассчитанных на различные группы пользователей: детей разных возрастов в сопровождении взрослых, школьников, студентов, взрослых и пенсионеров;
- Организации лодочных причалов, а также пунктов проката игрового и спортивного инвентаря.

Береговая зона р. Мулянка между мкр. Парковый и мкр. Усть-Муллы нуждается в обустройстве в связи с круглогодичным посещением территории. Береговая зона р. Мулянка должна стать наиболее доступной для пользования гражданами всех категорий. Для изменения территории необходимо правильное функционирование экологической, экономической и социальной составляющих. Важно учесть такие аспекты, как:

- 1) Сохранение окружающей среды;
- 2) Создание комфортных условий;
- 3) Обеспечение комплексной безопасности;

- 4) Доступность для населения;
- 5) Повышенный контроль над рекреационной зоной.

Благоустройство долины малой р. Мулянки – это целенаправленная деятельность по повышению комфортности городской среды, с сохранением ландшафтного и биологического разнообразия. Благоустройство может охватывать бровку, склон долины и террасы. Благоустройство поймы не желательно, т.к. это затапливаемая часть долины.

При организации зон отдыха у воды первым шагом является обеспечение качества воды, соответствующего требованиям к ее рекреационному использованию. В зависимости от типа зоны отдыха для очистки водного объекта, находящегося в ее границах, применяются различные методы: организация обводных каналов (для водотоков), обустройство водоемов, водно-болотных угодий и пр.

Вторым шагом является необходимость перед обустройством дорожно-тропиночной сети и функциональных зон на территориях зон отдыха у воды, вне зависимости от их типов в обязательном порядке учитывать выявленные памятники природы и места обитания редких для данной территории видов флоры и фауны, а также видов, занесенных в Красную книгу. Водные объекты в городе в первую очередь выполняют функции экологической направленности, в связи с чем развитие рекреационной функции прилегающих к ним территорий должно осуществляться при постоянном экологическом контроле.

Третьим этапом благоустройства зон отдыха у воды является организация береговой линии. При этом следует учитывать характер окружения в зонах отдыха у воды (природной или городской) и ключевые сценарии их использования (например, возможность обустройства зоны купания).

Четвертый шаг – организация дорожно-тропиночной сети. В первую очередь необходимо учитывать характер окружения зоны отдыха у воды. В природном окружении необходимо увязать вело-пешеходные пути зон отдыха у воды с дорожно-тропиночной сетью озелененной территории [3]. В городском окружении к зонам отдыха у воды следует организовывать подходы со стороны жилой и общественной застройки. Подходы должны быть связаны с основным путем зоны отдыха у воды, организованным вдоль береговой линии[1].

Обустраиваемая рекреационная зона относится к зоне тихого отдыха. Допускается размещение малых архитектурных форм, зелёные насаждения и водоёмы (не менее 90%) [4]. Рекреационная нагрузка на такую зону приходится до 50 чел/га. К малым архитектурным формам можно отнести беседки, скамейки, устройства контейнерного и вертикального озеленения, урны, информационно-навигационные системы и т.д.; поляны, газоны, поверхности под деревьями с возможностью отдыха (при проведении мер по защите растительности), освещение.

Благоустроенный участок будет содержать в себе все условия для комфортного пребывания людей, если учитывать все факторы.

Стоит отметить, что на рассматриваемом участке полностью отсутствуют площадки и организованные места с целью отдыха для жителей всех возрастов.

Модель рекреационной зоны представлена в рисунках ниже.



Рис. 2. Размещение лавочек и малых архитектурных форм.



Рис. 3. Комплектация детской площадки



Рис. 4. Общий план рекреационной зоны.



Рис. 5. Общий план рекреационной зоны береговой линии р. Мулянки

Модель береговой зоны р. Мулянка в пределах города Перми была выполнена в программном продукте Ландшафтный дизайн 3D.

Модель содержит в себе размещение лавочек, малых архитектурных форм, осветительных уличных приборов, конструкции детской площадки, качелей для отдыха, фонтана, зелёных насаждений и дорожного покрытия. Предусматривается также размещение пандусов, табличек, моносхем для маломобильных групп населения и размещение информационного стенда и указателей, однако программный продукт не предусматривает наличие данных объектов.

Таким образом, прогулочная зона располагается в определённой части парка и служит для пешей прогулки, осмотра достопримечательностей, пейзажа и коммуникации между остальными зонами в парке. В самом начале прогулочной аллеи располагается зона для детей – детская площадка.

Береговая зона р. Мулянка между мкр. Парковый и мкр. Усть-Муллы имеет достаточный потенциал для развития этой территории благодаря выгодному положению относительно близлежащих территорий, а также реке Мулянке, которая является важным компонентом природного комплекса, что обуславливается потоком рекреантов. Данная территория имеет также возможность для развития транспортной инфраструктуры. Таким образом, необходим комплексный подход, учитывающий градостроительные, экологические, экономические и социальные аспекты.

В результате создания зоны отдыха будет решен ряд важнейших задач: создание функциональной зоны для отдыха различных социальных и возрастных групп; создание условий для проведения досуга; повышение активности населения; вовлечение граждан в реализацию вопросов местного значения.

Благоустройство прибрежных территорий должно соответствовать требованиям взаимосвязанных систем и подсистем различного уровня.

Данный проект, разработанный на основе исследований территории района, имеет социально-экономическую направленность и соответствует целям актуальных региональных и муниципальных программ развития.

Библиографический список

1. Исаева Ю.А. Пространственно-средовая организация прибрежных территорий рекреационных зон // Вестник национальной академии строительства и архитектуры. 2021. № 2(148). С. 121-128. EDN: DKJPQX
2. Кулакова С.А., Мишланова Ю.Л., Гатина Е.Л., Харин Р.В., Колодкин М.В. Бюллетень долины малой реки Мулянки. Пермь, 2019. 14 с.
3. Смагулова А.Б. Формирование общественных пространств в береговой зоне города // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и градостроительство. 2021. С. 941-949. EDN: GWMHYQ
4. СП 475.1325800.2020. Парки. Правила градостроительного проектирования и благоустройства (утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 22.01.2020 №26/пр).

НАПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ В ТУРИЗМЕ

В статье рассматриваются возможности использования цифровых технологий в туристской деятельности. Цифровизация проникает во все сектора экономики, но наиболее ярко проявляется в туризме. Появление все новых цифровых технологий и платформ, их внедрение в сферу туризма способствует более полному удовлетворению потребностей туристов, изменению способов взаимодействия туристических фирм с клиентами.

Ключевые слова: цифровизация, цифровая экономика, цифровые платформы, цифровые технологии в туризме

V. M. Kitsis, K. V. Komarov, vkitsis@mail.ru

Mordovian State University named after N. P. Ogarev, Saransk, Russia

DIRECTIONS OF DIGITAL TRANSFORMATION IN TOURISM

The article discusses the possibilities of using digital technologies in tourism. Digitalization is penetrating all sectors of the economy, but is most clearly manifested in tourism. The emergence of new digital technologies and platforms, their implementation in the tourism sector contributes to a more complete satisfaction of tourists' needs, changing the ways in which travel companies interact with clients.

Keywords: digitalization, digital economy, digital platforms, digital technologies in tourism

Цифровая экономика способствует повышению производительности, улучшению доступа к информации и созданию новых возможностей для бизнеса и общества. Цифровизация оказывает значительное влияние на развитие туризма, способствуя повышению доступности информации, развитию онлайн-сервисов и улучшению качества обслуживания туристов. Это приводит к росту туристической индустрии, увеличению количества путешественников и расширению ассортимента туристических продуктов и услуг. Цифровая трансформация в туризме представляет собой сложный и динамичный процесс, который требует постоянного внимания к новым технологиям и потребностям потребителей, но в то же время открывает перед индустрией широкие перспективы для развития и улучшения качества услуг.

Можно выделить следующие основные направления цифровой трансформации в туризме.

1. Перевод государственных услуг в электронную форму. Например, для получения электронной туристической визы в Индию на официальном сайте нужно только заполнить онлайн-анкету, прикрепив сканы с паспортом, фотографиями и другими необходимыми документами, а также оплатить визовый сбор, а затем распечатать её [6]. Она будет являться официальным документом. С 1 августа 2023 г. гражданам КНР (и ряда других государств) доступно получение электронных виз в Россию [1]. Это способствует упрощению процесса получения визы для граждан Китая, что положительно сказывается на их туристическом опыте поездки в Россию – им нужно тратить гораздо меньше времени на документационные формальности, а сотрудникам миграционных служб или отелей, которые будут принимать этих гостей, понадобится гораздо меньше времени на обработку и учет каждого туриста.

В продолжение первого направления, нельзя не сказать про появление новых программ для обеспечения возможности предоставления отчётности участниками рынка в электронной форме. Это используется в крупных отелях для предоставления информации о

большом количестве гостей в федеральные органы, например, в УМВД. Одним из таких программных решений является Контур.Отель. Данная программа является онлайн системой для управления гостиницами, отелями, хостелами и другими средствами размещения. С 10 апреля 2023 г. благодаря программному интерфейсу этого приложения у работников отелей появилась возможность ставить гостей на учет в МВД через API Единого Портала Государственных и Муниципальных Услуг [2].

2. Создание туристских маркетплейсов и централизация усилий по продвижению туристского продукта. Платформы, которые занимают главные места среди туристических маркетплейсов, объединяют различные виды туристических услуг и предоставляют пользователям удобные инструменты для планирования и бронирования поездок. Их активное продвижение и разнообразие предложений обеспечивают более широкий доступ к разнообразным туристическим возможностям. Самыми популярными подобными платформами в России сейчас являются:

2.1. Ostrovok.ru, который представляет из себя одним из ведущих онлайн-сервисов для бронирования гостиниц и средств размещения, предлагая широкий выбор по всей России. Своей интуитивно понятной системой и дружелюбным пользовательским интерфейсом Ostrovok.ru обеспечивает пользователям быстрый и удобный доступ к разнообразным вариантам размещения. Благодаря активному продвижению и сотрудничеству с различными партнерами, Ostrovok.ru становится одним из ключевых игроков на рынке онлайн-бронирования гостиниц [7].

2.2. Яндекс Путешествия, которые также представляют собой уникальный сервис, объединяющий в себе информацию о туристических направлениях, достопримечательностях, рейтингах отелей, а также возможность поиска и бронирования различных видов развлечений и экскурсий. С помощью хорошего интерфейса, развитой системы поддержки и интеграции с другими сервисами Яндекса, Яндекс Путешествия помогают пользователям планировать и организовывать свои поездки без лишних хлопот [3].

2.3. Aviasales – это сервис, который начинался как метапоисковик авиабилетов, но уже сейчас представляет из себя целую систему для организации командировок. Как крупнейший в России и единственный в своем роде подобный сервис, Aviasales предоставляет не только возможность сравнения цен на авиабилеты от различных авиакомпаний и агентств, но и обширный функционал для удобного планирования и бронирования поездок. Ежемесячная аудитория сервиса оценивается примерно в 15 млн чел., что свидетельствует о его широкой популярности среди путешественников [4]. Благодаря обширной базе данных и широкому выбору предложений, Aviasales делает процесс поиска и покупки билетов максимально простым и удобным. Пользователи могут легко сравнивать цены, выбирать оптимальные варианты по датам и времени вылета, а также просматривать дополнительные услуги, такие как выбор места в салоне или заказ багажа. Одним из преимуществ Aviasales является то, что он активно рекламируется, а также сотрудничает со сторонними сервисами (например, Ostrovok.ru) для поиска средства размещения сразу после покупки авиабилета. Благодаря этому, путешественники могут легко найти наиболее выгодные варианты для своих поездок и сэкономить время и деньги.

Каждая из этих платформ представляет собой уникальное интернет-приложение, над которым трудится большая команда разработчиков. Создаются такие сервисы не только для поддержания своих позиций на конкурентном рынке и получения прибыли, но и для улучшения пользовательского и туристического опытов. Именно поэтому эта тенденция трансформации туристской индустрии является наиболее характерной для цифровой экономики – каждый из этих продуктов работает с огромнейшей базой данных, собирает и индексирует информацию о множестве отелей, маршрутов авиаперелетов и достопримечательностей, затем обрабатывает эту информацию и предоставляет своим пользователям.

Создание сервисов для онлайн-рейтинга туристских услуг и объектов – важный инструмент для путешественников при выборе оптимальных вариантов для своих поездок. Од-

ним из наиболее популярных и широко используемых приложений в этой сфере является TripAdvisor. Это приложение предоставляет путешественникам возможность оценить и оставить отзывы о различных туристических услугах и объектах, включая отели, рестораны, экскурсии, а также различные достопримечательности [8]. Пользователи могут оценивать сервис, качество обслуживания, удобство расположения и многие другие аспекты, что помогает будущим посетителям принимать информированные решения при выборе места для поездки.

Помимо самого TripAdvisor, похожие системы оценки качества туристических объектов существуют и на других платформах. Например, в картографической системе Google Maps есть специальная секция Beer&Fries с отзывами и рейтингами для туристических достопримечательностей, которая позволяет пользователям получить дополнительную информацию о местах, которые они планируют посетить. Такие сервисы создают прозрачную систему оценки качества услуг и направлений, что помогает путешественникам принимать информированные решения и повышает уровень доверия к туристической индустрии в целом.

Тем самым, онлайн-рейтинговые сервисы не только играют важную роль в формировании представлений о качестве услуг и удовлетворенности клиентов, что способствует улучшению стандартов обслуживания и развитию туристической индустрии в целом, но ещё и являются очередным характерным показателем изменения туристической индустрии при цифровизации экономики.

3. Внедрение мультязычных сервисов помощи туристам и разработка электронной туристской карты для иностранных гостей. Использование мультязычных сервисов является важным инновационным направлением в сфере туризма в эпоху цифровой экономики. Хорошим и наиболее актуальным примером такого сервиса является приложение VK Fest 2024 [9]. Путеводитель по VK Fest разработан специально для участников и гостей фестивалей. Это приложение предоставляет посетителям подробную информацию о мероприятии, включая расписание, местоположение площадок и интересных точек, а также список выступающих артистов вместе с программой развлечений. Оно также, как и все современные приложения, обладает удобным интерфейсом с возможностью переключения языка с русского на английский, что делает его доступным для иностранных гостей. Важной частью приложения путеводителя является электронная туристская карта, предоставляющая пользователям динамическое отображение местоположения различных объектов на территории фестиваля. Это позволяет посетителям легко ориентироваться и находить интересующие их места, такие как точки питания, туалеты, информационные стенды и места проведения мероприятий.

Подобные мобильные приложения значительно упрощают туристам и гостям фестивалей процесс перемещения и ориентирования в незнакомых местах, делая их пребывание более комфортным и запоминающимся. Они также способствуют повышению привлекательности фестивалей и мероприятий для иностранных гостей, что способствует развитию туристической индустрии и укреплению международного туризма.

4. Внедрение технологий больших данных и искусственного интеллекта для сбора и анализа данных, а также для продвижения туристских услуг. Хорошим примером использования таких технологий будет являться контекстная реклама, которая показывает рекламное объявление в соответствии с содержанием, выбранной аудиторией, местом, временем или иным контекстом интернет-страниц.

В качестве примера рассмотрим рекламу с ссылкой на веб-сайт официальной туристической ассоциации Visit Orlando, которая представляет город Орlando в штате Флорида. Это самое посещаемое место в Соединенных Штатах и мировая столица тематических парков. Вышеупомянутая компания взаимодействует с TripAdvisor в окне для контекстной рекламы на Facebook [5]. Эта реклама побуждает пользователей отправиться в путешествие, не выходя из собственного дома, – в интерактивный голосовой тур по Орlando с использованием Amazon Alexa – виртуального ассистента, разработанного компанией Amazon.

Стоит отметить, что такая реклама в Facebook показывается только определенной группе лиц, например, только тем пользователям, кто недавно интересовался куда отпра-

виться в отпуск, или жителям соседних с штатом Флорида штатов. Более того, Visit Orlando также представлена в Facebook и Instagram, что позволяет этой организации удерживать свою аудиторию благодаря созданию уникального контента, а также привлекать новую аудиторию благодаря инструментам и алгоритмам «рекомендаций», которые предоставляют эти социальные сети.

Использование цифровых технологий в деятельности предприятий туристской индустрии открывает перед ней как вызовы, так и возможности. Главный вызов видится в необходимости своевременной адаптации к быстро меняющимся трендам и ожиданиям потребителей туристских продуктов. Все больше туристов становятся «цифровыми» и мобильными, предпочитая через мобильные приложения и веб-сайты планировать и бронировать свои поездки. Это приводит к тому, что туристские фирмы вынуждены пересматривать свои бизнес-модели и вкладывать средства в разработку цифровых платформ. С другой стороны, цифровые инновации также предоставляют туристской индустрии уникальные возможности для повышения и улучшения качества обслуживания клиентов, создания для них персонализированных предложений. Благодаря сбору и анализу данных о предпочтениях и поведении потребителей с помощью цифровых технологий, туристские компании могут предложить более адекватные и целенаправленные услуги, что способствует улучшению клиентского опыта и повышению уровня удовлетворенности клиентов. Цифровые инновации открывают новые возможности для продвижения туристских продуктов и услуг, позволяя фирмам эффективнее привлекать и удерживать клиентов через социальные сети, контекстную рекламу и другие каналы онлайн-коммуникаций.

Таким образом, цифровая экономика, определяемая как использование цифровых технологий для создания, распределения и потребления благ и услуг, приносит значительные изменения в способы взаимодействия туристских компаний с потребителями, а также в структуру самой индустрии. Внедрение современных цифровых технологий в туристскую индустрию ведет к трансформации туризма, позволяя собирать и анализировать данные о потребительском поведении, оптимизировать бизнес-процессы и предоставлять персонализированные услуги. Однако при этом возникают определенные возможности и вызовы, которые приносит цифровизация в туристскую индустрию.

Библиографический список

1. Генеральное Консульство РФ в Шэньяне. URL: <https://shenyang.mid.ru/> (дата обращения: 26.07.2024).
2. Контур.ОТЕЛЬ. Официальный сайт СКБ Контур. URL: <https://kontur.ru/hotel> (дата обращения: 24.07.2024).
3. Яндекс Путешествия. Сервис для поиска и покупки билетов и бронирования гостиниц. URL: <https://travel.yandex.ru/> (дата обращения: 26.04.2024).
4. Aviasales. Поиск билетов на самолет. URL: <https://www.aviasales.ru/> (дата обращения: 26.04.2024).
5. Creatopy. URL: <https://www.creatopy.com/blog/travel-advertising-strategy/> (дата обращения: 24.07.2024).
6. Embassy of India. Посольство Индии в России. URL: <https://indianembassy-moscow.gov.in/> (дата обращения: 24.07.2024).
7. Ostrovok.ru. Бронирование отелей и гостиниц. URL: <https://ostrovok.ru/> (дата обращения: 24.07.2024).
8. Tripadvisor: все для поездок. Отели, рестораны, экскурсии. URL: <https://apps.apple.com/ru/app/tripadvisor-все-для-поездов/id284876795> (дата обращения: 26.07.2024).
9. VK Fest 2024. Путеводитель по VK Fest. URL: <https://apps.apple.com/ru/app/vk-fest-2024/id6448656990> (дата обращения: 26.07.2024).

ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ТУРИЗМЕ

Процесс развития сельского туризма в муниципальных округах, организация и проведение определенных задач связанных с реализацией проектов в целях достижения устойчивого развития территорий, как в пространственном, экономическом и социальном аспектах. Это способствует обеспечению мультипликативного эффекта и экономического роста на определенной сельской территории. Появляется дополнительная деятельность, дополнительный заработок, повышается культурно-образовательный уровень населения, молодежь выбирает аграрную профессию, сельский туризм набирает обороты в своем развитии. С ростом спроса появляются новые цифровые решения в сельском туризме. Внедрение QR-кодов для сельского туризма обеспечивает новые преимущества.

Ключевые слова: сельский туризм, цифровизация туризма

A.I. Latysheva
Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia
DIGITAL SOLUTIONS IN RURAL TOURISM

The process of developing rural tourism in municipal districts, organizing and implementing certain tasks related to the implementation of projects in order to achieve sustainable development of territories, both in spatial, economic and social aspects. This helps to ensure a multiplier effect and economic growth in a certain rural area. Additional activities, additional income appear, the cultural and educational level of the population increases, young people choose an agricultural profession, rural tourism is gaining momentum in its development. With the growth of demand, new digital solutions in rural tourism appear. The introduction of QR codes for rural tourism provides new advantages.

Keywords: rural tourism, digitalization of tourism

Введение. Экономика села меняется в современных условиях и по этим же причинам меняется туризм. Государство заинтересовано в развитии данной отрасли, особое внимание стало уделять внутреннему туризму – сельскому туризму, как инновационной форме деятельности в сельской местности. Россия, великая страна, обладающая всеми ресурсами, в том числе и сельскими ресурсами. Особенно важно в настоящее время раскрыть в полной мере, все то что в текущих условиях получила возможность активно развивать территории, дестинации за счет концентрации внимания российских туристов на внутренних направлениях, а также увеличением финансирования государством и Ростуризмом перспективных проектов в сельской местности. Сельский туризм – перспективное направление развития внутреннего туризма. События последних лет серьезно повлияли на жизнь городского населения, стимулируя людей покидать города и уезжать как можно чаще загород, где у них есть возможность минимизировать личные контакты, насладиться природой, заняться новыми видами деятельности. В сельской местности есть возможность увидеть природу, приобщиться к крестьянскому труду, такой туризм ориентирован на использование в полной мере природное и культурное наследие села, способен активно создавать новые впечатления. После пандемии туристическая отрасль серьезно трансформировалась. Последствия мер ограничения изменили интересы туристов. Поменялась сама концепция развития отрасли. В этих условиях сельский туризм является перспективным направлением развития индустрии гостеприимства.

Цель и методика исследования. Целью данной работы является определение на фактических материалах проекта «Ашап – кузница культуры», разработать рекомендации для реализации решений, связанных с развитием сельских территорий и развитием сельского туризма в Пермском крае при активном использовании цифровых технологий. В исследовании использовались методы системного подхода и анализа.

Результаты исследования. Важной исследовательской задачей на сегодняшний день является научное обоснование использования цифровых технологий в сельском туризме. Доведение информации до потребителя – туриста. Важно сегодня в полной мере раскрыть все то, что может активно развивать территории. Открыть новые точки роста и притяжения. Создать креативные проекты для наших сел, которые способствовали увеличению финансирования государством и Ростуризмом. Так, например, в этом году село Ашап стало победителем конкурса «Центр культуры Пермского края». Ашап – трудовое село. Поэтому открытие масштабного для территории проекта «Ашап – кузница культуры» прошло без излишнего пафоса. Гостеприимство согревало всех своим теплом. На реализацию проекта выделена беспрецедентная сумма – 50 миллионов рублей.



Рис. 1. Выступление председателя Думы Ординского муниципального округа:
Лиханов Иван Анатольевич

«В рамках проекта «Ашап – кузница культуры» был организован фестиваль рыбной ловли на центральном пруду в селе. Благодаря этому пруду появилось наше село и живет по сей день. Жители Ашапа с благодарностью и любовью сохраняют традиции связанные с рыбной ловлей, а уха из нашей рыбы, сваренная казаками, известна своим насыщенным вкусом далеко за пределами Пермского края! Спасибо всем, кто принимал участие в организации и проведении мероприятия, оно точно удалось на славу!», – председатель Думы Ординского муниципального округа Лиханов Иван Анатольевич.

К сожалению, сельская местность нашего края имеет проблемы в цифровых преобразованиях. Цифровизация обошла стороной туристическую деятельность. Нет нужной аккумуляции данных сельскохозяйственной отрасли и территорий на одной цифровой площадке, что позволяло бы получить максимально полную картину сельских территорий, агрокомплексов и другой разной информации. Сегодня нужны готовые цифровые решения: системы, которые будут не только собирать, но и анализировать данные, выдавать рекомендации для туристической деятельности, реализации потенциала той земли (дестинации), на которой реализуется конкретный проект. Для того, чтобы масштабировать лучшие цифровые решения, было исследовано множество проектов внедрения цифровых технологий в области сельского

хозяйства, туризма в разных территориях края. Исследования показали, что тренд на сельский туризм активен, поэтому, чтобы соответствовать вызовам времени, требуются оперативные и грамотные цифровые решения. В работе, объясняется важность развития туризма в сельской местности, так как это влияет на экономику села, на агрохозяйства, на жителей. В практической деятельности были подробно изучены основные преимущества, принципы работы цифровых технологий в проекте «Ашап – кузница культуры», а также были построены основные бизнес-процессы, что помогло разработать и внедрить новую цифровую услугу в сельском туризме.

Цифровая трансформация туристической отрасли – это практические возможности для повышения работы субъектов инфраструктуры, новые сервисы для туристов. Реализация любого проекта по развитию сельского туризма на новой территории – это прежде всего заинтересованность всех тех, кто хотел бы заниматься туризмом. Цифровая трансформация является главным трендом развития экономики в 21 веке, основанным на переходе к цифровому формату представляя информацию для повышения эффективности экономики и улучшению качества жизни. Применение цифровых технологий способствует увеличению скорости обмена, доступности и защищенности информации во всех сферах жизнедеятельности. Туристическая деятельность является информационно-насыщенной индустрией, быстро реагирующей на все изменения. Одной из первых ощутили на себе воздействие глобальной цифровизации. Внедрение цифровых технологий в сфере туризма формируют новые тенденции ее развития.



Рис. 2. Съемки фильма

В рамках проекта «Ашап – кузница культуры» прошли съемки небольшого фильма о селе. Показываю малую часть интереснейших локаций. Фильм станет одной из визитных карточек села в современном информационном пространстве, и поможет заочно знакомить с Ашапом гостей и туристов.

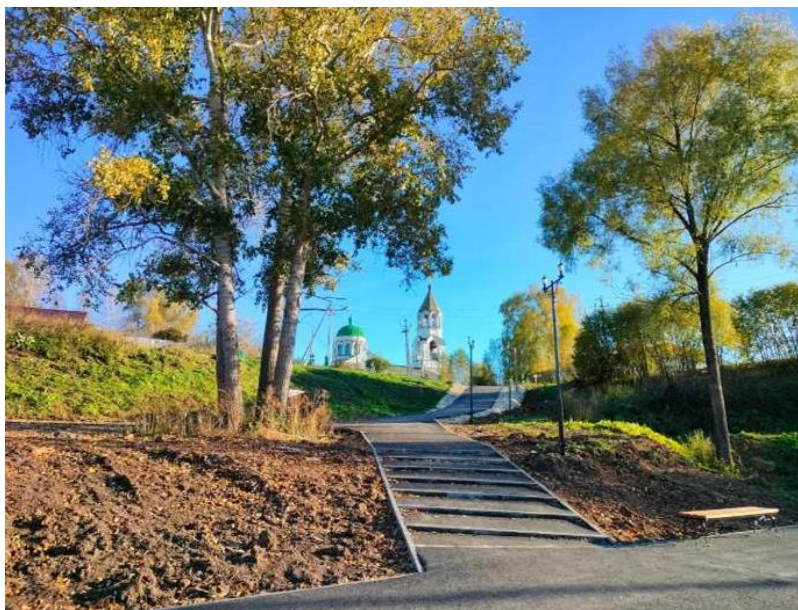


Рис. 3. Обустройство парка

К сожалению, большинство гостевых домов в деревнях нашего края не соответствует ожиданиям туристов. Уровень сервиса желает быть лучше. Государственная поддержка, как например в проекте «Ашап – кузница культуры» существенно влияет на цифровизацию туризма и это вызывает интерес у отечественных и зарубежных туристов. Однако, по нашему мнению, данному виду туризма по-прежнему не хватает масштабности – слишком мало проектов и земель используются для его развития. Решение данных проблем мы видим в возможном использовании низкопродуктивных земель сельскохозяйственного назначения для создания новых агротуристических проектов, направленных на популяризацию сельских территорий.

В ст. 100 Земельного кодекса Российской Федерации написано, что «к особо ценным землям относятся земли, в пределах которых имеются природные объекты и объекты культурного наследия, представляющие особую научную, историко-культурную ценность (типичные или редкие ландшафты, культурные ландшафты, сообщества растительных, животных организмов, редкие геологические образования, земельные участки, предназначенные для осуществления деятельности научно-исследовательских организаций)» [1].

Отметим, что следующие критерии оценки формируют ценность таких земель:

1. Потребительский/товарный.
2. Производственный.
3. Природоохранный.
4. Культурно-исторический (духовный).

Мы предлагаем пересмотреть статус некоторые сельскохозяйственные земли и ввести их в особые земли – земли природно-культурного наследия и активно использовать в сельском туризме. При этом, речь должна идти только о тех землях, которые не использовались последние три года ни под какие виды сельскохозяйственных работ. В дальнейшем внести их в бесплатный цифровой каталог данных земель: с их общей характеристикой, космическими снимками, фото самих земель, а также сельскохозяйственных карт.

В селе Ашап завершился первый этап обустройства парка «Заводское подворье». Объект реализован в рамках национального проекта «Жилье и городская среда». Планируется оснастить парк цифровой инфраструктурой.

Следующий шаг – цифровизация туристических услуг в сельской местности. **QR-коды** являются важным цифровым решением. Для сельского туризма предлагаются огромные возможности для улучшения информированности туристов в сельской местности. Такое цифровое решение может преодолеть разрыв между физической и виртуальной

сферами за счет хранения обширных данных, доступных для смартфона. Турист мгновенно получает информацию с помощью сканирования, будь то расположение достопримечательностей, история ярких культурных мест и другие впечатления. Это цифровое решение, которое предлагает удобство и эффективность, создавая удобные путешествия.

Внедрение QR-кодов для сельского туризма может принести замечательные преимущества как для гостевых домиков, чайных домов или туристическим достопримечательностям сельской местности.

QR-код – это двумерный тип штрих-кода, который легко читается цифровым устройством и хранит информацию в виде серии пикселей в квадратной сетке, которая выглядит как черно-белый узор.

В сельском туризме использование QR-кода для доступа к информационной площадке (например, доступ к истории достопримечательности):

- отслеживание контактов с помощью QR-кода для избегания огромного скопления людей;

- регистрация в отеле посредством QR-кода;

- использование QR-кодов – меню;

- изображение QR – кода ориентира для просмотра у определенной достопримечательности больше красочных фотографий

Использование QR-код в Пермском крае поможет активно развивать сельский туризм и популяризовать агрохозяйства. Здесь уже цифровое решение QR-кодов используется частично, но не повсеместно. Это цифровое решение, которое позволяет активно продвигать территорию Пермского края. Отсутствие закрепления в Федеральном законе «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации» от 24.11.1996 № 132-ФЗ таких понятий как «Цифровизация в туризме» и «QR – код».

Выводы и предложения. Итак важно отметить и также необходимо сказать о мобильных технологиях, использования искусственного интеллекта. Разработка и внедрение в агротуристические проекты специализированных мобильных предложений, это может положительно сказаться на росте интереса потенциальных туристов к сельским территориям [2]. В результате создания мобильных приложений можно:

- создавать и внедрять в программу туров различные квесты, предполагающие выполнение определенных заданий, связанных с сельским хозяйством, ремеслами, выполнение которых даст возможность участнику получить ценный приз;

- совершать виртуальные экскурсии по местности и гостевым домам (туристу важно заранее понимать куда он едет и что там его ждет);

- получать полезную информацию о традициях, быте местного населения, сельскохозяйственных животных, растениях и т.п.;

- планировать маршруты по ближайшим достопримечательностям.

Реализация цифровых решений важно в использовании особо не используемых земель в качестве площадок для развития сельского туризма, для этого потребует не только изменения в Земельном кодексе, но и активного использования цифровых технологий для более эффективного процесса сбора данных, их обработки и формирования единой платформы, данные которой будут доступны любому желающему –от местного жителя до потенциального инвестора. Можно предположить, что в ближайшие пять-семь лет сегмент агротехнологий продемонстрирует кратный рост. На смену концепции трех «S» («Sun-sea-sand») солнце, море, песок – приходит концепция трех «L» («Landscape-lore-leisure») пейзажи, традиции, досуг. Таким образом туристическая активность поднимает на пик массовой популярности путешествия в сельскую местность, где городского туриста окружает первозданная природа: сельские пейзажи, традиционный крестьянский образ жизни, домашние животные, экологически чистые продукты.

Сегодня цифровые решения очень стремительно и динамически развиваются, расширяется спектр возможностей для способов обращения внимания потребителей. В соответствии с этим, средства распространения информации относительно сельского туризма увеличиваются. С другой стороны, самой совершенной будет возможность подбора индивидуального тура, разработка рекомендованных естественных условий пребывания. Следовательно, современное информационное обеспечение отрасли является обязательным условием ее успешного функционирования.

Библиографический список

1. Земельный кодекс РФ от 25.10.2001 N 136-ФЗ (ред. от 31.07.2020)
2. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 70586-2022 ТК 401 «Туризм и сопутствующие услуги»: Туристические тропы. – Москва: ФГБУ Институт стандартизации, 2023
3. Латышева А. И., Сетуридзе Д. Э., Разумов А.И. Кадастр туристических троп в муниципальных округах//Перспективы развития землеустройства, экономики и управления в АПК: мат. VI Национальной научно-практической конференции.- Ижевск: УдГАУ, 2024. 328 с. EDN: FOGIKA
4. Зырянов А. И. Туристские территории в системе производственной организации общества// Территориальные социально-экономические системы Урала: сб. науч. тр. – Пермь, 1983
5. Желязков А. Л. Влияние стоимости сельскохозяйственных угодий на эффективное вовлечение в оборот не востребованных земель/ А. Л. Желязков, А. И. Латышева, Д. Э. Сетуридзе// Аграрный вестник Урала. – № 10 (164). – 2017 С 69-77
6. Перминова С.А. В Ашапе состоялось открытие проекта «Ашап – кузница культуры»/Районная газета «Верный путь». 30.03.2024. orda-gazeta.ru
УДК 504.54 (912.412)

Э.А. Лозбенева, Н.Н. Калущкова, elina7-sheremet@mail.ru, nat_nnk@mail.ru
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

ОПТИМАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТУРИСТИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Организация туристических маршрутов в настоящее время является перспективной сферой деятельности для широкого развития экологического туризма. Туристический маршрут должен быть информативен, относительно легко проходим, а также значительно разнообразен. На основе снимков сверхвысокого разрешения, полученных с беспилотных летательных аппаратов, с использованием ГИС-технологий нами был оценен один из туристических маршрутов природной достопримечательности «Белоградчишские скалы» (Болгария) и были даны рекомендации для его оптимизации.

Ключевые слова: туристический маршрут, ГИС-технологии, дистанционное зондирование, оптимизация маршрута

E.A. Lozbeneva, N.N. Kalutskova, elina7-sheremet@mail.ru, nat_nnk@mail.ru
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

OPTIMAL ORGANIZATION OF TOURIST ROUTES USING GIS TECHNOLOGIES

The organization of tourist routes is currently a promising area of activity in the sphere the currently speedy development of eco-tourism. The tourist route should be informative, relatively easy to navigate, and also significantly diverse. Based on ultra-high-resolution images obtained from unmanned aerial vehicles, using GIS technologies, we assessed one of the tourist routes of the natural attraction “Belogradchish Rocks” (Bulgaria) and made recommendations for its optimization.

Keywords: tourist route, GIS technologies, remote sensing, route optimization

Введение. В настоящее время на территории современных ООПТ создается широкая сеть различных туристических маршрутов, которая позволяет одновременно сочетать природоохранную и туристско-рекреационную деятельность. В свою очередь разработка туристических маршрутов требует особого комплексного подхода, который должен учитывать особенности природных и историко-культурных объектов, а также анализ существующей инфраструктуры и общей доступности территории.

Наше исследование проводилось на территории Белоградчишских скал в Северо-Западной Болгарии. В настоящее время данная природная достопримечательность является самым крупным скальным образованием в районе Предбалкан, территория которой номинирована на включение в систему геологических парков ЮНЕСКО. Так как развитие устойчивого геотуризма является важной составляющей регулирования территории геопарков, здесь должна быть организована оптимальная сеть туристических маршрутов с высоким охватом уникальных геологических объектов и аттрактивных ландшафтов.

Материалы и методы. Оценке устройства и организации туристических маршрутов посвящено большое число современных российских и зарубежных исследований [8-12]. Они основаны на применении методов моделирования, которые позволяют проводить анализ большого массива входных данных, верифицировать их по результатам полевых исследований. Использование данных дистанционного зондирования (ДДЗ) высокого пространственного разрешения, а также данных аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) позволяет не только оценивать туристско-рекреационный потенциал территорий, но и осуществлять планирование туристической инфраструктуры. Автоматизированные методы

ГИС-анализа дают возможность моделировать маршруты с подбором наиболее оптимальной траектории передвижения по ним.

В качестве исходных данных в исследовании использовались:

1. Результаты полевых исследований (GPS-треки существующих туристических маршрутов, оценка эстетической привлекательности открывающихся пейзажных видов с обзорных точек вдоль маршрутов).

2. Данные аэрофотосъемки с БПЛА на территории скального комплекса Белоградчишские скалы, а также производные данные после их обработки.

3. Пространственные данные о расположении природных, культурно-исторических и антропогенных объектах из открытых серверов Google Maps, Open Street Map и др.

4. Космические снимки Landsat-8 OLI, цифровая модель рельефа SRTM DEM.

Для предварительной обработки данных аэрофотосъемки был задействован программный продукт Agisoft Metashape, для анализа и итоговой визуализации основного массива данных использовались программные обеспечения ArcMap и SAGA GIS.

Рабочий процесс ГИС-анализа был разделен на три последовательных этапа. Первый этап заключался в предварительной обработке пространственных данных. Основными исходными данными являлись ортофотоплан местности и цифровая модель DTM, комбинированная цифровая модель на основе DTM и SRTM DEM, а также различные производные индексы на основе космических снимков Landsat-8 OLI.

На втором этапе проводилась оценка эстетической привлекательности открывающихся пейзажных панорам с потенциальных обзорных точек. Данный этап заключался в разработке автоматизированных ГИС-моделей для построения зон видимости (визуальных бассейнов) и оценки эстетических показателей с обзорных точек. На основе итоговых результатов ГИС-анализа нами была проведена оценка общей эстетической привлекательности территории исследования.

Заключительный этап был направлен на оптимизацию сети туристических маршрутов. На данном этапе производился подбор и расчет критериев оптимальности, которые в последующем легли в основу комплексной ГИС-модели для оптимизации туристических маршрутов.

Результаты и обсуждение. Для формализации оценки оптимальности конфигурации туристических маршрутов нами был установлен ряд критериев, объединенных в три группы:

1. Общая проходимость маршрута;
2. Разнообразие и привлекательность маршрута;
3. Научно-образовательная ценность маршрута.

Первая группа критериев оптимальности позволила произвести *анализ общей проходимости* туристических маршрутов. Наглядное представление о морфометрии территории исследования можно получить в ходе оценки уклона поверхности, вертикального и горизонтального расчленения рельефа, от величины которых во многом будет зависеть комфортность и сложность перемещения для туристов [2].

Кроме того, на общую проходимость маршрутов большое влияние оказывает наличие естественных препятствий (или барьеров), которые по характеру площадного охвата можно разделить на локальные и протяженные. В качестве локальных труднопроходимых барьеров в основном выступают элементы рельефа. Так, например, в пределах Белоградчишских скал основными локальными барьерами выступают выходы красноцветных останцов. Протяженными естественными барьерами выступают труднопроходимые природно-территориальные комплексы, которые могут отличаться как сложной морфологической структурой, так и специфическим видовым составом растительного покрова.

При организации новых маршрутов важно учитывать и удаленность от существующей дорожно-тропиночной сети на территории исследования, что позволит сэкономить время и силы туристов в ходе перемещения по маршруту.

Вторая группа критериев была направлена на *оценку ландшафтного разнообразия и эстетической привлекательности* вдоль туристических маршрутов. Большое значение для

развития геотуризма имеет ландшафтное разнообразие территории, оценка которого осуществлялась с использованием регулярной гексагональной сетки. В пределах каждого гексагона для анализа ландшафтной структуры был проведен расчет сложных показателей ландшафтного разнообразия, подробно рассматриваемых во многих исследованиях [3; 6]. На основе отдельных показателей был произведен расчет интегрального индекса ландшафтного разнообразия.

В основу оценки общей эстетической привлекательности природной достопримечательности Белоградчишские скалы легли зоны видимости или визуальные бассейны, построенные с каждой обзорной точки – с использованием инструмента «Видимость» («Visibility»). Этот инструмент позволил нам смоделировать визуальное восприятие той части территории, которая открывается с каждой обзорной точки перед наблюдателем. Таким образом, визуальное восприятие оценивалось с учетом высоты форм рельефа в пределах территории исследования. Для того, чтобы оценить аттрактивность большей части исследуемой территории, эстетическая оценка осуществлялась на основе регулярной сетки с шагом 80 м, где каждая модельная точка представляла собой потенциальные точки обзора на местности.

Общая эстетическая привлекательность открывающихся зон видимости с обзорных точек определялась на основе результатов ГИС-оценки 15 эстетических показателей, адаптированных с учетом природных особенностей территории исследования. Все показатели были объединены в четыре крупных блока, каждый из которых описывал общее восприятие пейзажа, общую выразительность рельефа, пространственное разнообразие растительности и степень антропогенной трансформации пейзажа [1; 7; 13]. Для каждого эстетического показателя была разработана индивидуальная модель ГИС-оценки, которая состояла из последовательных автоматизированных процессов [5].

Таким образом, эстетическая оценка позволила нам определить наиболее аттрактивные обзорные локации на всей территории достопримечательности Белоградчишские скалы. Это предоставило возможность проводить новые туристические маршруты с более высокими эстетическими характеристиками по сравнению с уже функционирующими маршрутами.

Третья группа критериев оптимальности позволила нам *оценить научно-образовательную ценность* туристических маршрутов. Новые маршруты должны обеспечивать максимальный охват ценных и уникальных природных объектов, поэтому в качестве основной характеристики рассматривалась приуроченность маршрутов к наиболее аттрактивным геологическим объектам [4].

Таким образом, подбор критериев оптимальности позволяет нам проводить оценку оптимальности выбранной конфигурации маршрутов, учитывать их пейзажную выразительность, а также устанавливать наиболее благоприятные условия для перемещения по заданному маршруту с учетом возможностей различных категорий туристов.

Для оптимизации конфигурации туристических маршрутов нами была разработана комплексная ГИС-модель, состоящая из последовательных процессов, которые соединялись между собой инструментами геообработки данных. Итоговая модель включает два взаимосвязанных сегмента. Первый сегмент направлен на оценку общей стоимости перемещения в пределах исследуемой территории. Второй сегмент позволяет оценить расстояние со взвешенной стоимостью, тем самым разрабатывая наиболее оптимальный маршрут перемещения между заданными точками интереса.

На этапе оценки со взвешенной стоимостью осуществлялась калибровка весовых коэффициентов, тем самым устанавливая степень влияния каждого критерия на итоговую конфигурацию моделируемого маршрута. Калибровка весовых коэффициентов проводилась на примере существующих маршрутов «Мир скал» и «Белоградчишские скалы» до тех пор, пока модельные маршруты не достигли максимально близкой конфигурации. На основе откалиброванных данных предложенных критериев появилась возможность разрабатывать новые маршруты с оптимальной стоимостью перемещения по ним. Таким образом, конфигурация маршрутов будет учитывать все возможные барьеры, а также будет стремиться охватить участки с более высокой аттрактивностью и ландшафтным разнообразием территории.

Выводы. Проведенное нами исследование было направлено на разработку универсальной ГИС-модели для оптимизации сети туристических маршрутов с использованием

ДДЗ разного пространственного разрешения. В процессе моделирования учитывались безопасность и комфортность перемещения туристов по маршрутам, а также особенности, которые отвечали за эстетическую привлекательность ландшафтов и их разнообразие в непосредственной близости от туристических маршрутов. Разработанную ГИС-модель можно использовать для оценки оптимальности конфигурации функционирующих туристических маршрутов на любой территории, так и для их корректировки с учетом интересов и возможностей различных категорий туристов.

Библиографический список

1. Горбунова Т.Ю., Горбунов Р.В., Ключкина А.А. Оценка пейзажно-эстетической ценности ландшафтов Юго-Восточного Крыма // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. Геология, 2017. Т. 3 (69). № 2. С. 237-249. EDN: YLMDUF
2. Дуброва Ю.Н., Мыслыва Т.Н., Ткачева Т.Н. Комплексный морфометрический анализ территории Горьковского района с использованием данных дистанционного зондирования земли // Мелиорация, 2020. № 3 (93). С. 43-54. EDN: VLKWDQ
3. Занозин В.В., Бармин А.Н., Ямашкин С.А., Ямашкин А.А. Методы и алгоритмы оценки ландшафтного разнообразия в морфологическом аспекте на примере центральной части дельты реки Волги // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Материалы Международной конференции, 2020. Т. 26, Ч. 4. С. 114-130. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-4-26-114-130 EDN: TUEJRK
4. Калуцкова Н.Н., Синьовски Д., Дронин Н.М., Синьовска Д., Шеремет Э.А. Опыт номинирования геологических парков в глобальную сеть ЮНЕСКО // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки, 2019. №2. С. 80-93. DOI: 10.18384/2310-7189-2019-2-80-93 EDN: FJXVWG
5. Лозбенева Э.А., Калуцкова Н.Н. Использование данных дистанционного зондирования для оптимизации туристско-рекреационных маршрутов на территории геопарков // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Серия Естественные и точные науки, 2023. Т. 17. С. 50-59. DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-1-50-59 EDN: JNYUGI
6. Соколов А.С. Ландшафтное разнообразие: теоретические основы, подходы и методы изучения // Геополитика и экогеодинамика регионов, 2014. Т. 10, № 1. С. 208-213. EDN: VQDVPR
7. Эрингис К.И., Будрюнас А.-Р.А. Сущность и методика детального эколого-эстетического исследования пейзажей // Экология и эстетика ландшафта. Вильнюс: Минтис, 1975. С. 107-160.
8. Du P., Hu H. Optimization of tourism route planning algorithm for forest wetland based on GIS // Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography. 2018. Vol 21 (2). P. 283-288. DOI: 10.1080/09720529.2018.1449300
9. He H., Sun G. Intelligent tourism route optimization based on teaching and learning optimization algorithm // Smart Toursim. 2021. Vol. 2, Iss. 2. 9 p.
10. He S. A novel travel route planning method based on an ant colony optimization algorithm // Open Geosciences. 2023. Vol. 15, Iss. 1. 10 p. DOI: 10.1515/geo-2022-0541 EDN: RINPXL
11. Kiruthika R., Yiping L., Laohakangvalvit T., Sripian P., Sugaya M. Recommendation of Sustainable Route Optimization for Travel and Tourism // HCI in Mobility, Transport, and Automotive Systems. 2023. P. 385-396. DOI: 10.1007/978-3-031-35678-0_26
12. Li S., Luo T., Wang L., Xing L., Ren T. Tourism route optimization based on improved knowledge ant colony algorithm // Complex & Intelligent Systems. 2022. Vol. 8. P. 3973-3988. DOI: 10.1007/s40747-021-00635-z EDN: CVWCRL
13. Teh M.Z., Pugi N.A., Abdullah M., Rahman N.A. Visual Landscape Assessment: A method for analysing and planning for landscape structure // Asian Journal of Quality of Life. 2018. V. 3 (14). P. 33-40. DOI: 10.21834/ajqol.v3i14.181

А.А. Лядова, А.А. Хохрякова, geografizpermi@yandex.ru
Пермский государственный национальный исследовательский университет
г. Пермь, Россия

СРАВНЕНИЕ ГЕОЛОКАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОСПРИЯТИЯ ТЕРРИТОРИИ

В статье рассматриваются особенности методики исследования Соколовой А.А. по данным фотохостингов и социальных сетей. Исследование самих фотоизображений позволяет содержательней взглянуть на особенности восприятия пространства обычными людьми (народная география). Подобные исследования позволяют находить в виртуальном пространстве прямое или почти прямое отражение реальных пространственных структур.

Ключевые слова: цифровые технологии в географии, Google Earth, фотохостинг, визуализация геопространств

A. Lyadova, A. Khokhryakova, geografizpermi@yandex.ru
Perm State University, Perm, Russia

ASSESSMENT OF THE ATTRACTIVENESS OF THE TERRITORY OF SOCHI NATIONAL PARK USING GEOLOCATION METHOD

The article discusses the features of the research methodology of A.A. Soklova. according to photo hosting sites and social networks. Studying the content of photographic images allows us to take a more meaningful look at the peculiarities of the perception of space by ordinary people (folk geography). Such studies make it possible to find in virtual space a direct or almost direct reflection of real spatial structures.

Keywords: digital technologies in geography, Google Earth, photo hosting, visualization of geospaces

Геоизображения земной поверхности, размещенные на различных ресурсах типа Яндекс, Google Earth и социальных сетях (ВК, Телеграмм), – новый источник данных о восприятии географической реальности пользователями. Пространство в виртуальной среде приобретает собственные структурные элементы благодаря геосервисам. Оно в общем повторяет структуры реального пространства (геопространства), хотя во многом это зависит от выложенных фото. Уровень визуализации геопространства зависит от степени освоенности и туристской привлекательности территорий, компьютерной грамотности населения. Восприятие территории тесно способствует созданию её образа. Последнее имеет важное значение для разработки рекреационного, туристского и других потенциалов. Важно понимать, как это может помочь в решении задач землепользования и управления. Также изучение такого вида данных представляет собой исследование особенностей «народной географии», а также массовой культуры и среднестатистического человека.

Исследование фотографических изображений сводится к использованию одной из четырёх парадигм оценивания и двум группам методов [1]. Все исследования геоизображений можно разделить на различные группы. Типичные исследования сводятся к изучению концентрации фотографий на основе геотегов, выявления сезонности и распределению по полам, возрасту владельцев этих фотографий. Различия в том, откуда получены данные фотографии (вид социальной сети и фотохостинга). Наиболее яркие примеры исследований можно найти у Тикунова В.С., Соколовой А.А.[4,5], а также у зарубежных авторов [2]. По сути, данные этих исследований по выводам похожи на данные мобильных телефонов для целей статистики туризма [3].

Иное направление исследований связано с анализом самого изображения [4]. Данные исследования также позволяют собрать информацию о концентрации фото на территории, владельцах фотографий, времени создания и т.п., но главное – позволяют выявить образы и особенности виртуального пространства рассматриваемой территории. Это уже более сложный процесс, который требует значительных изысканий.

Одним из таких исследований является исследование зоны Волго-Балтийского водного пути на геоизображении Google Earth Соколовой А.А. [4]. Отличительные особенности данного исследования в следующем:

1. учитываются особенности реального пространства и на основе его отражения в виртуальном пространстве создана структурная организация последнего. Учтены горизонтальные и вертикальные связи, которые подобно реальному пространству выстраиваются в виртуальном пространстве;

2. учитывается разномасштабность. В виртуальном пространстве рейтинг фотографий, зависимый от количества просмотров, определяет на просмотр фото на разных масштабах на карте. Выделяются ареалы, линии, сети и структуры центрального типа. Они выделяются на основе реального количества меток фото, которые при определенных сочетаниях создают визуализацию пространства.

3. Основная единица исследования – информационные локусы, или территориальная совокупность взаимосвязанных элементарных ареалов различного тематического содержания (комплексные, природные, историко-культурные и др.) Они могут быть рассмотрены как локальные ареалы точек фотофиксации или локальные ареалы объектов фотофиксации. Их можно картировать.

4. Метод Соколовой А.А. позволяет выявить ареалы и ядра концентрации фотографической информации, а также информационную «пустошь» (пространства с единичными точками фотофиксации и территорий). В итоге исследование позволяет провести районирование;

5. Данное исследование также детерминировано туристским «освоением» территории. Безусловно, по фото можно выделить не только туристические привлекательность и непривлекательность, но и особенности самой территории, характер её освоения, физико-географические особенности

Проведенные исследования и предложенная методика [4] осложнены необходимостью анализа содержания фото в отличие от исследований, выполненных с учётом геотегов фото. Хотя содержание демонстрирует исследователю важные и сущностные особенности восприятия пользователями пространства, которые он решает вынести в виртуальный мир. Существует множество программ, позволяющих распознавать дипфейки на фотографиях и организовывать хранение фото и материалов, но анализ содержания ещё требует участия человека, поэтому подобные исследования не значительны по количеству и охвату, но это не умаляет их значимость.

Библиографический список

1. Бибаева А. Ю., Чиркашин А. К. Особенности восприятия ландшафтов: статистический анализ эстетической оценки геоизображений // Проблемы региональной экологии. 2017. № 1. С. 77-84. EDN: YUFGWR
2. Грибок М.В. Геолокализованные фотографии в интернете как источник данных для географических исследований // Известия российской академии наук. Серия географическая, 2020. № 3. С. 461-469. DOI: 10.31857/S2587556620030061 EDN: IJIBAZ
3. Методологическое руководство по использованию данных мобильных телефонов для статистики туризма. URL: <https://www.unescap.org/> (Дата обращения: 02.04.2024).
4. Соколова А. А. Зона Волго-Балтийского водного пути на геоизображении Google Earth: виртуальное пространство и визуализированная реальность // Изв. РГПУ им. А.И. Герцена. 2011. № 141. С. 148-160. EDN: OFUWOT
5. Тикунов В. С., Белозеров В. С., Антипов С. О., Супрунчук И. П. Социальные медиа как инструмент анализа посещаемости туристических объектов (на примере Ставропольского края) // Вестник Московского университета, 2018. № 3. С. 89-95. EDN: YXHUSX

ЦИФРОВИЗАЦИЯ В СОВРЕМЕННОМ ТУРИЗМЕ

Цифровизация в глобальном плане представляет собой концепцию экономической деятельности, основанную на цифровых технологиях, внедряемых в разные сферы жизни и производства. И эта концепция широко внедряется в современную туристическую деятельность. Туриndустрия неизбежно переходит в цифру.

Ключевые слова: цифровизация, цифровые технологии, искусственный интеллект, туриndустрия

Yu.A. Morozova, zhu--zhu@inbox.ru

Alexander Atroschanka Education Center, Tver, Russia

DIGITALIZATION IN MODERN TOURISM

Digitalization in global terms is a concept of economic activity based on digital technologies implemented in various spheres of life and production. And this concept is being widely implemented in modern tourism activities. The tourism industry inevitably turns into a number.

Keywords: digitalization, digital technologies, artificial intelligence, travel industry

Цифровизация – это внедрение современных цифровых технологий в различные сферы жизни и производства. Цифровизация в глобальном плане представляет собой концепцию экономической деятельности, основанную на цифровых технологиях, внедряемых в разные сферы жизни и производства. Технологии цифровизации успешно реализуются в России на протяжении последних лет. И эта концепция широко внедряется в современную туристическую деятельность. Туриndустрия неизбежно переходит в цифру.

Туристы уже давно выбирают туры онлайн и оплачивают авиабилеты в приложениях. Но речь не только об этом. Сегодня туристов заманивают в новые места VR-презентациями, искусственный интеллект вычисляет, когда будут самые дешевые билеты, а чат-боты решают проблемы пассажиров без участия человека.

Технология виртуальной реальности (VR) применяется в туристической индустрии для: совершения виртуальных путешествий по миру, посещения известных и популярных достопримечательностей, знакомства с культурой и историей разных стран без необходимости физического присутствия. VR в туристической индустрии открывает перед пользователями множество уникальных переживаний и виртуальных путешествий. Туристы больше не ограничены физическими ограничениями, такими как расстояние или доступность определенных мест. С помощью VR они могут посетить самые отдаленные уголки мира, познакомиться с историей и культурой различных стран, а также испытать экстремальные виды спорта и развлечения без риска для своей безопасности.

Остановимся на виртуальных турах в нашей стране. Для таких туров нужны лишь смартфон или компьютер, Wi-Fi или мобильный интернет, название сайта.

Проект "Узнай Москву" стал лауреатом международной премии WSIS Prizes 2022 [4]. Этот полноценный интерактивный городской гид (в его составе – портал и приложение) помогает москвичам и гостям столицы изучать город и его историю в удобном формате, открывать новые места с помощью большой подборки авторских и тематических маршрутов. На ресурсе собрана информация о зданиях, музеях, памятниках – всего более чем о 3,6 тысячи объектах, а также об исторически значимых событиях и известных личностях, видео- и аудиоматериалы, квизы и даже 3D-экскурсии. Есть и интерактивная карта, на которой можно

найти ближайшие достопримечательности. В 2021 году в приложении появились виртуальные туры, а в 2022 году – две экскурсии к 350-летию со дня рождения Петра I.

Крым. Много виртуальных туров представлено на сайте Русского географического общества (РГО) [7]. В мае здесь запустили виртуальный тур по Константиновской батарее Севастополя. Посетители сайта могут виртуально погулять по внутреннему двору и подняться на крышу, посетить братскую могилу защитников цитадели во время Великой Отечественной войны, увидеть старинные чугунные пушки и бронзовую скульптуру "Россия". Эффект присутствия усиливает звуковое сопровождение – шум волн и ветра, крики чаек.

Еще одну виртуальную экскурсию по Крыму в этом году организовали Институт археологии РАН и музей-заповедник "Херсонес Таврический". На выставке "Мир варваров Таврии и Херсонес, Рим, Византия" – представлены итоги крупнейших в истории Крыма археологических раскопок, проведенных перед строительством автомобильной трассы "Таврида" [5]. Значительная часть выставки – находки из некрополя Фронтное 3.

Виртуальный тур сделан в формате 360 градусов и позволяет полностью осмотреть выставочный зал. При подготовке онлайн-выставки создано более трех тысяч фотографий, а для реалистичного отображения пространства применена технология HDR (High Dynamic Range – расширенный динамический диапазон). Для перемещения по залу используются хот-споты, переносящие зрителей непосредственно к выбранному стенду. Познакомиться с выставкой также можно в VR-режиме, но для этого потребуются VR-шлемы или смартфоны с VR-гарнитурой.

Сибирь. О городе для горожан и туристов – так заявил о себе туристический портал Новосибирска [6].

В "Сибирь-Хоккайдо" уже есть пять экскурсий этого направления. Одна из них разработана для детей, и в число объектов маршрута входят Институт ядерной физики, Музей эволюции земли в НГУ, Большой новосибирский планетарий. Благодаря маршруту дети узнают о теории большого взрыва. На сайте можно найти новости, статьи, городские события, туры, экскурсии, каталог достопримечательностей, виртуальный тур по Новосибирску и аудиогид.

Виртуальные путеводители по Алтайскому краю и Томской области запустил оператор МТС. Теперь при въезде в регионы абоненты получают SMS-сообщение со ссылкой на портал, где собрана полезная для туриста информация – описание и фотографии знаковых мест региона, традиционных блюд местной кухни и необычных туристических маршрутов, советы, как интересно и разнообразно провести время. К примеру, гости Томской области узнают, где водятся жар-птицы, какой должна быть "правильная" строганина и как выглядела профессорская квартира начала XX века.

Операторы связи обладают множеством данных о своих абонентах. Одна из наиболее популярных категорий — геоданные. Это безопасный срез информации, который помогает развивать инфраструктуру и внутренний туризм.

У «МегаФона» есть особый сервис — «Цифровой туризм». На основании того, как абоненты перемещаются внутри страны, оператор может создать целый ряд крайне полезных отчетов с полностью обезличенными данными. Можно получить информацию о количестве туристов в регионе или отдельном городе, о длительности их пребывания, точках притяжения, местах ночевки и о том, откуда люди обычно приезжают.

Все это позволяет тестировать гипотезы, на основе которых затем будет улучшаться туристическая инфраструктура. Например, если мы видим, что в этом году в Краснодарском крае много гостей с Урала, то можно усилить рекламную активность в их домашних регионах, чтобы туристов стало еще больше. По информации о точках притяжения можно понять, где не хватает кафе, ресторанов и отелей. Если стало понятно, что в каких-то местах города собирается особенно много туристов, то можно поставить в них арт-объекты, рядом с которыми все будут фотографироваться — получится рекламный эффект в соцсетях. Кроме того, если знать маршруты движения туристов, можно улучшить навигацию в городе. И это лишь

несколько примеров того, как можно использовать аналитические отчеты «Цифрового туризма», в реальности их гораздо больше.

Совершить виртуальное путешествие можно в программе Google Планета Земля (Google Earth – международное название). Создание тура – это очень увлекательный и познавательный процесс. Для создания виртуального тура по выбранному объекту необходимо пройти регистрацию и создать Google аккаунт. На панели задач выбираем метку «Проекты – Создание своего проекта». В поле название проекта записываем желаемое название Виртуального тура. Добавляем с помощью меток новые объекты поочередно в соответствии выбранному маршруту тура. После добавления метки появляется поле для добавления информации и фотографий объекта. На этом этапе можно оставить информацию о найденном объекте и его фото, которая автоматически добавляется из Википедии или можно использовать информацию из дополнительного источника. Заключаящий этап – просмотр созданного тура, нажимаем кнопку «показать» и стрелочками листаем объекты. При появлении каждого объекта появляется дополнительная информация о нем и фото, фото тоже можно листать стрелочками. Представляю Вашему вниманию собственно разработанный Виртуальный тур по Исландии, с которым можно ознакомиться по ссылке [3].

Вся идея туристической отрасли в том, что человек меняет свое окружение, перемещается по миру. Реальности нет смысла конкурировать с виртуальностью. С помощью виртуальности можно создать совершенно другие миры, ограниченные только фантазией создателя. А реальность прекрасна такой, какая она есть.

Актуальным стал виртуальный туризм в период коронавирусной пандемии, когда осуществление реальных путешествий оказалось невозможным. Во время пандемии туристическая отрасль явно "поумнела". Виртуальная реальность имеет огромный потенциал для туристической индустрии, позволяя людям испытать уникальные места и пережить невероятные приключения, не выходя из дома.

Библиографический список

1. Гончарова Т.А. Гостиничный бизнес: учебное пособие – М.: иц «Аркадия», 2004
2. Карманова А.Е. Виртуальный туризм: концептуальные проблемы внедрения и перспективы развития // Международный научный журнал. 2019. № 3. С. 21-27. DOI: 10.34286/1995-4638-2019-66-3-21-27 EDN: VPDDZU
3. Морозова Ю.А. Виртуальный тур по Исландии – URL: https://earth.google.com/earth/d/1icCHg45M6fT-xkVPDCez2bdHJdjfA_in?usp=sharing
4. Российская газета – Спецвыпуск: Отдых и туризм в России №150(8798) [эл. ресурс] // Проект «Узнай Москву» – URL: <https://um.mos.ru>
5. Российская газета – Спецвыпуск: Отдых и туризм в России №150(8798) [эл. ресурс] // «Крым» – URL: <https://www.archaeolog.ru/ru/online-museum/vystavka-mir-varvarov-tavrii-i-khersones-rim-vizantiya>
6. Российская газета – Спецвыпуск: Отдых и туризм в России №150(8798) [эл. ресурс] // «Сибирь» – URL: <https://welcome-novosibirsk.ru>
7. Русского географического общества (РГО) – URL: www.rgo.ru
8. Туменова С.А. Технологии виртуальной дополненной реальности в туризме// Модели мышления и интеграция информационно-управляющих систем (ММИИУС-2018) 2018. С. 298-301.
9. Tourism as Business: учебное пособие / В.Б. Захаров. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ В АКТИВНОМ ТУРИЗМЕ

В статье рассматривается использование дистанционного зондирования Земли, в частности, космических снимков, в создании карт для активных видов туризма. Предложен способ применения данных дистанционного зондирования, космического снимка в ГИС-приложении QGIS. Представлен результат создания картосхемы туристского маршрута.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, ГИС-приложение QGIS, создание карт, активный туризм, туристский маршрут

V. Raskovalov, v.p.raskovalov@gmail.com

*Perm State University, Perm, Russia***DISTANT SENSING OF THE EARTH IN ACTIVE TOURISM**

The article discusses the use of distant sensing of the Earth, in particular, space images in creating maps for active types of tourism. A method for using distant sensing data and satellite imagery in the QGIS GIS application is proposed. The result of creating a tourist route map is presented.

Keywords: distant sensing of the Earth, GIS-application QGIS, map creation, active tourism, tourist route

Цифровая география – это новое направление современной науки и практики. Во многих исследованиях, использующих пространственные данные, применяются геоинформационные методы. Все они основаны на определенных подходах, способствующих наиболее точному отражению происходящих явлений и процессов в действительности. Одна из сфер деятельности, где методы и подходы цифровой географии активно используются в последнее время – туризм. К популярным и распространенным направлениям относятся активные виды туризма, где условия окружающей среды и природные особенности территории чрезвычайно сильно влияют на организацию туристских маршрутов и определяют их специфику. Важнейшим моментом в организации и планировании туристских маршрутов является определение наиболее благоприятных условий территории для этой деятельности. То есть определение проходимости территории, доступности туристских объектов, лесистости, наличия водных объектов, мест для организации стоянок и палаточных лагерей, преград для преодоления препятствий в продвижении на маршруте и т.д. В связи с этим необходимым является проведение оценочных работ по конкретной территории для планирования и организации того или иного маршрута.

Существует множество методов исследования территории для организации туризма. Широкую популярность в настоящее время имеют именно геоинформационные технологии и ГИС. В том числе, одним из важных является применение комплекса исследований, основанных на дистанционном зондировании Земли (ДЗЗ). Как известно, к источникам ДЗЗ относятся данные, полученные со съемочной аппаратуры наземного, воздушного и космического базирования, позволяющие формировать изображения в одном или нескольких участках электромагнитного спектра. То есть информация об объекте, территории или явлении собирается без непосредственного контакта с ними [1; 2]. В связи с достаточно большой доступностью космической съемки из открытых источников, широко используются изображения, полученные с космических аппаратов. Аэрокосмическое зондирование является наиболее достоверным источником информации для создания карт. При этом для каждого вида карт

существуют свои критерии, влияющие на подбор съемочного материала (виды съемочной аппаратуры, спектральные характеристики, пространственное разрешение) и методы дешифрирования [3; 4].

Используя приемы дешифрирования снимков, можно определять и оценивать разнообразные особенности территории. К примеру, в водном туризме возможно в динамике проследить, как изменились условия для планирования туристского маршрута. В частности, это могут быть изменения русла реки, от чего зависит выбор участков для сплава. В пешем и пеше-водном туризме также можно проследить изменения условий доступности и планирования маршрута по территории (облесенность, заболоченность, наличие перепадов высот и других природных преград), определить контрастность рельефа и ландшафтное разнообразие, определить наличие дорог и тропинок, выявить возможность радиальных выходов на туристском маршруте. Таким образом, данные ДЗЗ, использующие космические снимки позволяют в динамике определять и оценивать изменения природных условий на территории, по которому проходит туристский маршрут, что в дальнейшем позволяет корректировать их, добавляя новые участки или изменять существующие, менее пригодные для прохождения. Серия снимков также позволяет проследить изменения условий на туристских маршрутах в разные сезоны года.

Использование аэрокосмических снимков широко применяется в построении, создании и обновлении туристских карт. Одним из аспектов является решение задач оценки территории для планирования на ней определенных туристских маршрутов. Результатом при этом может быть, например, создание туристских карт или картосхем конкретных маршрутов. Именно в этом направлении методы ДЗЗ и использование ГИС технологий играют огромную и решающую роль. Отражение действительной ситуации на территории наиболее точно определяет реальные условия для организации туристского маршрута.

Космические снимки являются только источником пространственных данных, а для ее обработки, интерпретации и визуализации используется спектр различных ГИС-приложений, в том числе и некоммерческих. Одним из таких приложений является QGIS, которое имеет множество инструментов для создания карт. Так, используя подходящий космический снимок, возможно, обработав его в ГИС-приложении, создать карту или картосхему конкретного туристского маршрута.

В качестве примера произведения подобной картосхемы туристского маршрута мы использовали известный туристский маршрут для сплава по р. Чусовой на участке от с. Кына до г. Чусового (Пермский край). По той же схеме можно сформировать карту любого нового маршрута или обновить карты уже популярных и активно используемых туристских маршрутов. В нашей работе мы нашли и загрузили космический снимок интересующего участка территории, по которому проходит туристский маршрут, с открытого сервиса EOS (<https://eos.com/landviewer/>). Это современный источник спутниковых данных и аналитики. Сервис EOS – это один из ключевых официальных дистрибьюторов спутниковых снимков высокого разрешения. Landviewer охватывает огромное количество общедоступных библиотек снимков. Поэтому есть возможность получения полного списка спутниковых данных сверхвысокого разрешения.

В процессе работы, используя ГИС-приложение QGIS, дальнейшим этапом было проведение дешифрирования снимка и выявление необходимых географических объектов (русло реки для сплава, населенные пункты, объекты туристской достопримечательности – скалы и скальные обнажения по ходу маршрута). Далее, на основе полученной информации были созданы необходимые слои shp-файлов (туристский маршрут, населенные пункты, достопримечательности – камни-скалы). Таким образом, применив в качестве подложки космический снимок, была проведена оцифровка всех необходимых объектов (линейные объекты – туристский маршрут для сплава, точечные объекты – туристские достопримечательности (камни-скалы), полигональные объекты – населенные пункты на маршруте сплава) и созданы

новые растровые слои. Далее были изготовлены макеты компоновки карты, как на основе космического снимка, так и картосхемы без него. Результат представлен на рис. 1, 2.

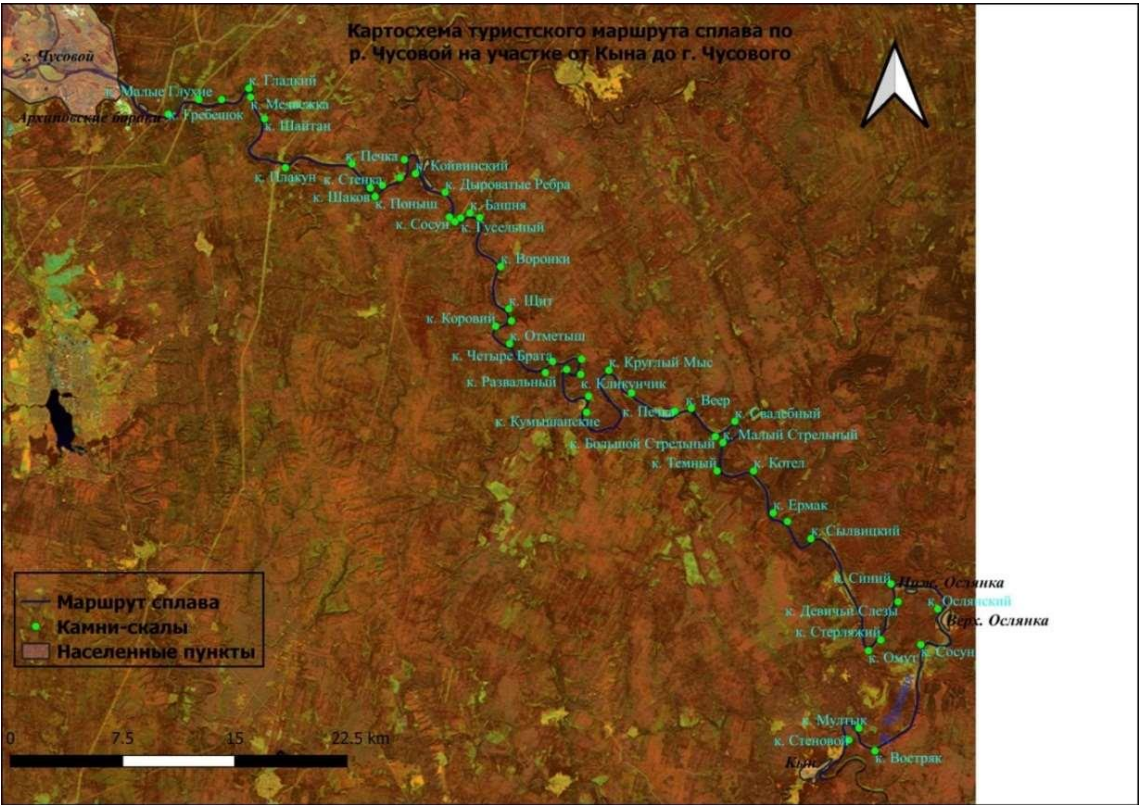


Рис. 1. Картосхема туристского маршрута для сплава на подложке космического снимка

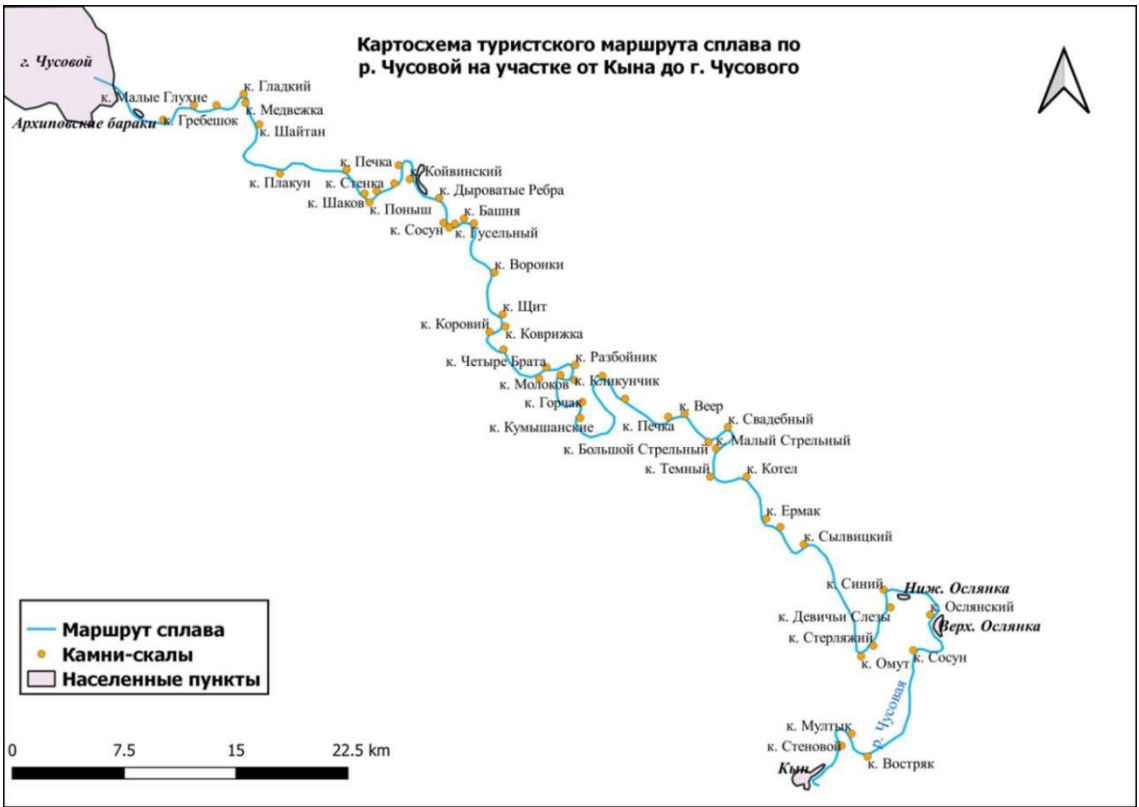


Рис. 2. Картосхема туристского маршрута для сплава

В заключение можно отметить, что дистанционное зондирование Земли и использование геоинформационных технологий, космических снимков и ГИС-приложений для решения пространственных задач актуальны и очень важны в создании карт и картосхем маршрутов активного туризма. Широко используемые открытые данные космических снимков можно применять для оценки благоприятных природных условий на территории в планировании и организации туристских маршрутов. Использование геоинформационных способов обработки пространственных данных, как и спутниковые снимки, позволяет наиболее точно выявить, определить и оценить конкретную территорию для формирования на ней наиболее рациональной сети маршрутов активного туризма.

Библиографический список

1. Дистанционное зондирование в картографии: практикум: учеб. пособие / А.И. Пономарчук, Е.С. Черепанова, А.И. Шихов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2013. – 100 с. ISBN: 978-5-7944-2211-5 EDN: YOVLQX
2. Дистанционное зондирование земли: учеб. пособие /Е. Н. Сутырина. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. – 165 с. ISBN: 978-5-9624-0801-9 EDN: STAATD
3. Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Н. Шихов, А.П. Герасимов, А.И. Пономарчук, Е.С. Перминова; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Электронные данные – Пермь, 2020. – 191 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/shikhov-gerasimov-ponomarchuk-perminova-tematicheskoe-deshifrovanie-i-interpretaciya-kosmicheskikh-snimkov.pdf>. ISBN: 978-5-7944-3476-7 EDN: SJOODT
4. Топографическое дешифрирование снимков: учеб.-метод. пособие / Л.А. Головина, Д.С. Дубовик. – Новосибирск: СГГА, 2011. – 60 с.

ВИРТУАЛЬНЫЕ ЭКСКУРСИИ КАК ЭЛЕМЕНТ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТУРИЗМЕ

В статье рассматриваются особенности и технологии создания виртуальных экскурсий как элемент применения цифровых технологий в сфере туризма.

Ключевые слова: виртуальная экскурсия, виртуальные сервисы, пользователь

Saraikina S.V. Klementyeva D.S., saraykina_1969@mail.ru

Mordovian State University named after N. P. Ogarev, Saransk, Russia

VIRTUAL TOURS AS AN ELEMENT OF THE APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN TOURISM

The article discusses the features and technologies of creating virtual excursions as an element of the application of digital technologies in the field of tourism.

Keywords: virtual tour, virtual services, user

Важность экскурсионной деятельности для развития туризма велика, что подтверждает ФЗ «Об основах туристской деятельности в РФ» и последние изменения в законодательстве, связанные с процедурой прохождения аттестации гидов-экскурсоводов и гидов-проводников. В настоящее время, наряду с традиционными экскурсионными программами, благодаря внедрению цифровых технологий, появилась возможность для создания виртуальных экскурсий, которые становятся довольно востребованными в экскурсионной и туристской деятельности [1].

Одним из проявлений цифровизации в туризме выступают именно виртуальные экскурсии. Они являются интерактивной презентацией объектов показа. При просмотре у пользователя формируется ощущение, что он видит объект собственными глазами. Подобная форма показа имеет преимущество и позволяет дополнять экскурсионные маршруты, существующие в реальности. Порой такие экскурсии помогают увидеть то, что отчетливо не произошло в рамках реальной экскурсии [6].

Существуют три варианта построения схемы маршрута виртуальной экскурсии: хронологический, тематический и тематико-хронологический [7]. Примером хронологического построения маршрута являются экскурсии, посвященные жизни и деятельности знаменитых личностей. По тематическому принципу создаются экскурсии, связанные с раскрытием определенной темы по предмету или области знаний. Многие обзорные экскурсии построены по тематико-хронологическому принципу.

В настоящее время можно выделить несколько наиболее востребованных технологий для создания виртуальных экскурсий. Первая – фотопанорамные экскурсии. Фотопанорамы создаются из нескольких специально подготовленных перекрывающихся фотографий с помощью специальных программ, которые сшивают снимки в единую панораму, удаляя возникающие искажения. В настоящее время предлагается множество программ-сшивателей, причем в каждой программе используется особая технология сшивания изображений и свой формат создаваемых панорам, а само сшивание происходит в автоматическом, ручном или смешанном режимах [3].

Отдельные фотопанорамы связываются снимки между собой плавными переходами за счет выделения на них активных зон (специальных областей на фотопанорамах), которые не только отвечают за перемещение от одной панорамы к другой, но и используются для отоб-

ражения дополнительной информации об объектах.

Еще один пример – это создание 3D панорам. Для любителей виртуальных экскурсий это предоставляет очень широкие возможности. В рамках такой экскурсии можно осмотреть любые объекты в их величии и в формате 360°. В настоящее время можно найти подобные экскурсии на любую тему и по любым объектам. Конечно, технология создания таких экскурсий будет более сложной. Предъявляются требования и к качеству фото и видеоматериалов. Некоторые съемки для таких панорам делаются с квадрокоптеров или более крупных летательных аппаратов. В настоящее время доступно множество 3D панорамных экскурсий, которые позволяют увидеть уникальные достопримечательные места и объекты мира и России (рис. 1).

При создании виртуальной экскурсии на материалах Интернет-сайтов, можно обратиться к различным сервисам.

Сервис Tour Builder, разработанный Google, позволяет самостоятельно создавать виртуальные экскурсии. Инструмент работает на основе сервиса Google Earth. Чтобы создать экскурсию нужно выбрать маршрут, добавить описание, фотографии и видео [2]. Например, можно рассказать о какой-то стране, поделиться впечатлениями о поездке, рассказать о путешествии знаменитых людей и многое другое. Особенности сервиса являются: англоязычность, наличие аккаунта Google, сервис бесплатный, не имеет обратной связи, возможно поделиться созданной работой через ссылку или скачать KML файл и встроить в Google Earth. Примеры созданных экскурсий – «Санкт-Петербург: мосты»; «Ростов-на-Дону: памятники»; «Ростовская область: Таганрог» и др.

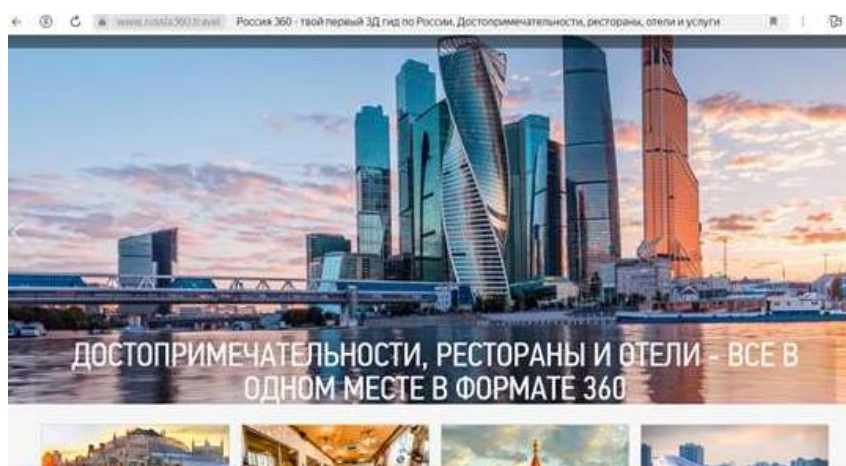


Рис. 1. 3D экскурсии по уникальным объектам России [3]

Еще один сервис – Geteach создан на основе приложения Google. Чтобы создать маршрут, необходимо выбрать на карте объект, внести его описание и вставить фото. Сервис дает возможность сопоставить две карты, использовать чертежные и измерительные инструменты, метки, технологии Google Street, возможность работать со слоями, можно вставить подобранные карты и фотографии. Основными особенностями сервиса выступают: англоязычность, наличие аккаунта Google, бесплатный, без обратной связи, имеется возможность поделиться созданной работой в Google Earth. В качестве примера, можно назвать проект – «Горная Адыгея». Посмотрев экскурсию, можно увидеть уникальные красоты региона. Здесь все – красота природы, величие гор, чистота и журчание чистейших рек, а также удивительные люди, которые бережно чтут и сохраняют традиции своих предков.

Для создания виртуальных экскурсий предлагаются различные электронные площадки и сервисы. Их невозможно описать в рамках одной нашей статьи. Изучив различные технологические возможности создания виртуальных экскурсий, мы остановились на электронном сервисе TimelineJS. Это инструмент с открытым исходным кодом, который позволяет любому пользователю создавать визуально насыщенные интерактивные временные рамки. Новички могут создать временную шкалу, используя только электронную таблицу

Google. Профессионалы и эксперты могут использовать свои навыки работы с JSON для создания пользовательских установок, сохраняя при этом основную функциональность TimelineJS (рис.2).

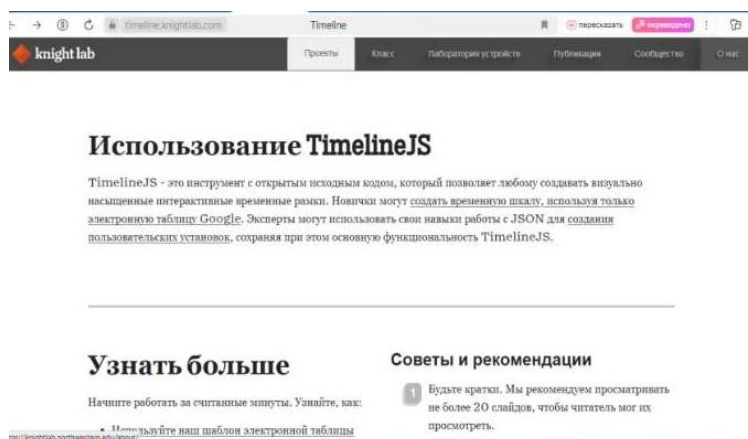


Рис. 2. Главная страница «TimelineJS» [8]

Особенности «TimelineJS»: сервис англоязычный, но с имеет функционал перевода на русский язык, наличие аккаунта Goggle, бесплатный, без обратной связи.

Чтобы создать экскурсию нужно внизу главной страницы выбрать вкладку «StoryMap» (рис.3).

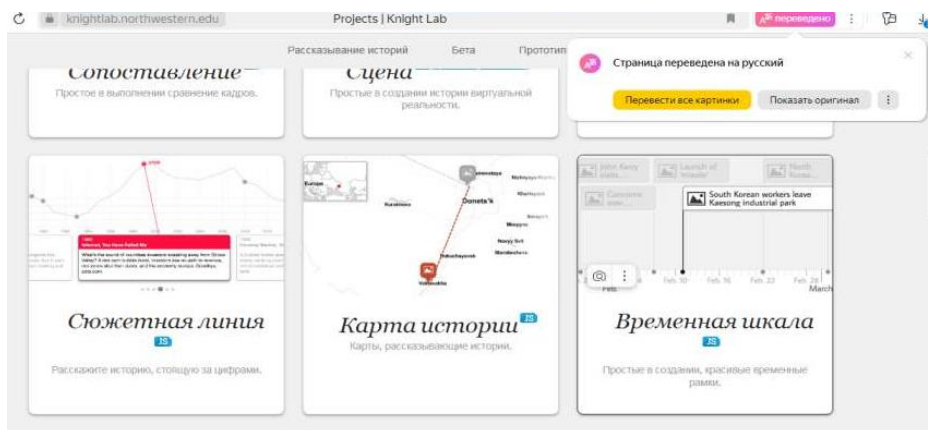


Рис. 3. Варианты создания виртуальных экскурсий в программе «TimelineJS» [8]

После перехода на вкладку «StoryMap» появится зеленая кнопка «создать историю». Далее можно приступать к созданию экскурсии. Первый шаг – дать название экскурсии. Далее в открывшемся окне добавляется необходимая информация. К каждому месту на карте можно добавить описание и фотографии. Подобным образом можно добавить информацию об остальных объектах, выбранных для создания экскурсии. После создания экскурсии можно сохранить и поделиться созданной работой через ссылку, которая будет доступна всем желающим.

Таким образом, цифровизация все активнее охватывает различные сферы деятельности, экскурсионная и туристская деятельность не являются исключением. В настоящее время существуют различные программы, платформы и сервисы, которые позволяют самостоятельно создавать различные виртуальные экскурсии. Технологические возможности этих электронных оболочек очень разнообразны по сложности и охвату информации, которую можно вложить в создание текста экскурсии. Для простоты работы можно остановиться на такой программе, которая не потребует значительных технических сложностей, а качество созданной экскурсии останется на высоком уровне.

Библиографический список

1. Батяркина И.А., Сарайкина С.В. Фонтаны г. Саранска как экскурсионные объекты // Туризм – будущее и современность. Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Под научной редакцией Д.В. Смирнова, Н.В. Косаревой. М., 2023. С. 19-25. EDN: ZPTGWD
2. Гид по городам России: сайт. – Москва, 2019. – URL: <https://localway.ru/ufa/guide> (дата обращения: 13.04.2022).
3. Виртуальные панорамы // Красивые картинки и HD фото: [сайт]. – URL: <https://bigfoto.name/41-virtualnye-panoramy-69-foto.html> (дата обращения: 05.06.2024).
4. Виртуальные прогулки // Культура РФ: [сайт]. – URL: <https://www.culture.ru/s/virtualnye-progulki/> (дата обращения: 06.06.2024).
5. Дорофеев С. Ю. Интерактивные виртуальные 3D Туры // Научная сессия ТУСУР 2009: Матер. докладов Всеросс. Научно-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных. Томск: Спектр, 2009. С. 338-341.
6. Есаулова С. П. Информационные технологии в туристической индустрии. М.: Дашков и К°, 2018. 151 с.
7. Зайцева М. А., Лысак А. П., Дорофеев С. Ю. Технология создания виртуальных интерактивных туров RUBIUS 3DtourKIT // Управление, вычислительная техника и информатика. Томск: ООО "Рубиус", 2010. С. 97-102. EDN: NBNKST
8. TimelineJS: создание историй: сайт. – Чикаго, 2017. – URL: <https://timeline.knightlab.com/> (дата обращения: 05.05.2022). – Текст: электронный.

С.Р. Шарифулин, 58mapord@mail.ru
*Пермский государственный национальный исследовательский университет
г. Пермь, Россия*

МНЕНИЕ О ВАЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ CRM-СИСТЕМ В СОВРЕМЕННОМ ТУРИСТСКОМ ОФИСЕ

Современный туристский офис – это не просто пространство для общения и с базой данных о курортах на рабочем компьютере. Чтобы эффективно работать, туристские компании должны иметь полный набор необходимого отраслевого программного обеспечения, дополненного инструментами онлайн-сервисов. В современных облачных туристских системах управления взаимоотношениями с клиентами (CRM) есть всё необходимое для качественно-го взаимодействия как с партнёрами по отрасли, так и с потенциальными и уже существующими туристами. Это достигается благодаря широкому функционалу и возможности подключения различных модулей и интеграций.

Ключевые слова: туристский офис; информационные системы; туризм; CRM-системы, информационные технологии

S.R. Sharifulin, 58mapord@mail.ru
Perm State University, Perm, Russia

OPINION ON THE IMPORTANCE OF USING CRM SYSTEMS IN A MODERN TOURIST OFFICE

A modern tourist office is not just a room with a convenient area for communication and a database of resorts on your work computer. In order to work effectively, travel companies must have a complete set of industry-specific software, supplemented with online service tools. Modern cloud-based travel customer relationship management (CRM) systems have everything you need for high-quality interaction with both industry partners and potential and existing tourists. This is achieved thanks to the wide functionality and the ability to connect various modules and integrations.

Keywords: tourist office; information systems; tourism; CRM systems, information technologies

Современный туризм невозможно представить без применения информационных и компьютерных технологий, а также различных облачных систем, онлайн-сервисов и агрегаторов аренды отелей. Популярность платформ бронирования отелей и туров возрастает с каждым годом. Российские онлайн-сервисы предлагают интересные решения и подходы, которые позволяют посетителям их площадок принимать решение о брони отеля или о покупке тура у них на площадке. Например, количество бронирований отелей через сервис «Яндекс Путешествия» увеличилось с 8,1% летом 2022 года до 15% за июнь-август 2023-го [1].

Технологичность влияет на индустрию туризма достаточно позитивно, что, конечно же, сказывается на формах реализации турпродукта и на подходах к удовлетворенности туристов. Каждый игрок туристской отрасли находит компьютерные средства и информационные технологии, которыми можно уверенно пользоваться и при этом получать достаточно хороший результат в своей эффективности. Турфирмы пользуются одними программами и сервисами, а частные путешественники – другими. Современный этап развития информационных технологий позволяет туркомпаниям создавать новые, ранее не представленные туристские продукты на рынке. И, конечно же, информационные технологии добавили самостоятельности современному туристу в выборе и подборе того или иного места своего отды-

ха. Можно сказать, что повсеместная компьютеризация и распространение сети Интернет обозначили новый этап развития индустрии туризма, как в свое время было с развитием транспорта в 20 веке.

Современный туристский офис – это уже не просто помещение с достойной контактной зоной и курортной базой в рабочем компьютере. Современный турофис – это организованное пространство для коммуникаций, дополненное комплектом отраслевых программ, онлайн-сервисов и прочих тур-ресурсов в сети Интернет, которые предлагают возможность сформировать тур потенциальному туристу, не выходя из приложения в своём мобильном устройстве. Эпоха цифровых экосистем позволяет не просто купить билеты на тот или иной транспорт, но еще тут же, находясь на одном сайте или мобильном приложении, приобрести экскурсии, забронировать отель, приобрести билет на какой-нибудь концерт и ещё получить за все эти приобретения внушительный кешбэк или бонусы в виде баллов на будущее.

Современный турофис может быть и без офиса как такового, но это не означает, что современный офис турфирмы стал экономически выгоднее благодаря информационным технологиям. Уже недостаточно иметь просто компьютер и устойчивое соединение с сетью Интернет. Для эффективной деятельности у туркомпаний должен быть полный пакет необходимого отраслевого программного обеспечения и иного нужного софта с онлайн-сервисами профессиональной направленности. Практически все операции и взаимодействия с контрагентами и клиентами перешли в цифровой формат и стали уже практически нормой для ведения туристского бизнеса. Владелец туркомпании при наличии всех необходимых программ, сетевых сервисов и подключенных модулей может взаимодействовать с клиентами по всем этапам продаж полностью онлайн, в т. ч. провести все необходимые консультации, транзакции и получить все согласования и подтверждения. Что опять же говорит о том, что потенциальному туристу не обязательно ехать в физический офис туркомпании, а решить всё можно дистанционно через электронный офис.

Изучая возможности современных CRM-систем, мы пришли к выводу, что разработчики профессиональных программных продуктов стремятся создавать информационные системы и комплексные решения, которые позволят клиентам туристских компаний получать все необходимые услуги в одном месте. Использование единой системы значительно облегчает работу турагента и повышает доверие туристов.

Информационные системы (ИС) турофиса обеспечивают функции ввода, редактирования и хранения информации о турах, гостиницах, клиентах, о расписании транспортных средств, о состоянии заявок и о многом другом. Одна из важных функций ИС – автоматизированный расчёт стоимости туров с учётом индивидуальных и групповых скидок, комиссионных, курсов валют и других факторов. На российском туристском информационном рынке используется более 40 различных систем, которые представлены в «коробочных», так и «облачных» версиях.

Наиболее интересны те ИС, которые представлены в формате облачных CRM-систем (системы управления взаимоотношениями с клиентами) для игроков туристского рынка.

В современных облачных тур CRM-системах есть всё, что нужно для качественного взаимодействия, как с контрагентами по цеху, так и с потенциальными и действующими туристами, и это всё благодаря обширному функционалу и набору различных подключаемых модулей и интеграций.

Специализированные CRM-системы для туризма отличаются от других CRM-систем тем, что они разработаны с учётом особенностей этой отрасли. Их интерфейс понятен и удобен, а функционал включает все необходимые инструменты для успешной работы туристской компании.

Примерами отраслевых облачных CRM, предназначенных для туристского рынка, могут служить такие решения, как «U-ON.Travel» – профильная CRM для туристских компаний, «МоиДокументы-Туризм» – онлайн-сервис, разработанный для эффективной организа-

ции работы туристских фирм, и «Селена» – облачная CRM, созданная специально для турбизнеса.

Современные CRM-системы ориентируются на всех участников туристского рынка: туроператоры, турагентства, туристы, контрагенты и другие. Комплексный подход и возможности облачных CRM очень привлекательны. Они могут мотивировать сотрудников туркомпаний трудиться на хорошо и отлично. Системы не позволят расслабиться и забыть о туристах. Уже в базовом варианте и без каких-либо дополнительных интеграций системы предоставляют внушительный функционал.

Для каждого найдутся свои составляющие в «CRM-продукте», и каждый сможет получить то, ради чего взаимодействует с системой. К примеру, в «U-ON.Travel» среди функционала отмечается управление лидами и продажами, повышение уровня лояльности клиентов, работа с мотивацией сотрудников, возможность предоставления полной статистики, управления финансами и легкого контроля над деятельностью компании.

В «МоиДокументы-Туризм» есть единая база туристов и возможность осуществлять централизованный контроль для сети офисов, возможность работать с программой из любого места, способность формирования полного комплекта документов для туриста, предоставление актуальной информации и фингарантий по всем туроператорам России, создание предварительных заявок и заявок с отложенными сроками вылета, возможность просматривать детальную информацию по каждому туру и многое другое.

В «Селена» имеется автоматизация процессов продаж туристских путёвок, наличие личного кабинета для каждого участника, возможность осуществлять бронирование с предоставлением всех необходимых документов.

Помимо примеров функционала, который был обозначен выше, у современных отраслевых CRM-систем в сфере туризма есть возможности различных интеграций, т.е. возможность «прокачать» свою CRM-систему до максимального уровня. Интеграции позволяют расширить функционал системы путём объединения с другими информационными системами, приложениями или сервисами, что позволяет сделать CRM-систему своей туристской компании неким хабом, и получить возможность использовать различные сторонние инструменты и сервисы более эффективно и удобно. Такое объединение в результате приводит к повышению производительности и улучшению качества работы туркомпании в целом.

Интеграции с облачными CRM-системами помогают туристским предприятиям оптимизировать взаимодействие со своими клиентами (интеграции с платформами почтового маркетинга, интеграции с системами поддержки клиентов), повысить уровень обслуживания (интеграции с системами и онлайн платформами бронирования авиабилетов и гостиниц, интеграции с сервисами по подборкам туров, интеграции с платежными системами, интеграции с аналитическими инструментами) и увеличить эффективность кампаний продвижения своего продукта (интеграция с социальными сетями и с сайтом компании, интеграция с онлайн-агентствами и поисковыми системами).

Также существуют интеграции, которые позволяют исключить ручную проверку и ввод различных данных в карточку клиента/партнёра. Система сама будет подсказывать, что вводить по туристу (адрес прописки, e-mail, ФИО и пр.), а по партнёру (КПП, ОГРН, адрес регистрации по ИНН, наименование банка по БИК и пр.). Такая интеграция со специальными сервисами облегчает ввод правильных данных и обогащает базу компании нужными и проверенными данными для работы.

Большинство интеграций со сторонними инструментами и сервисами платные, но у ряда облачных CRM-систем есть свои бесплатные предложения и скидочные программы, а также варианты снижения затрат на ту или иную интеграцию.

Помимо возможности интеграций у современных CRM-систем, в частности у «U-ON.Travel», есть возможность настройки автоматизации бизнес-процессов под непосредственно цели и задачи руководителя турфирмы. Благодаря такой опции, можно настроить автоматические действия после какой-либо манипуляции работника в системе. Например,

после изменения статуса заявки по туру система подскажет менеджеру в виде всплывающего окна (уведомления) то, что нужно дополнительно сделать (позвонить, написать и пр.) по заявке.

ИС обновляются постоянно, и с каждым новым обновлением ИС возможности автоматизации турафиса расширяются, появляются новые опции и функции. В условиях повсеместного распространения моделей машинного обучения и применения технологий искусственного интеллекта можно ожидать, что в ближайшем будущем они найдут своё отражение и в облачных CRM-системах для туристской отрасли.

CRM-системы с искусственным интеллектом позволят работникам туристской отрасли быть ещё более эффективными и предоставлять ещё более качественную услугу. За многими коммуникациями, где требуется внимание 24/7, будет следить система с ИИ и при необходимости поддерживать туриста в тех или иных ситуациях. А автоматизацией бизнес-процессов, настройкой которой сейчас занимаются люди, будет управлять система на базе искусственного интеллекта.

Автоматизация деятельности турафиса будет продолжаться. В сфере туризма, как никогда ранее, ощущается зависимость от компьютерных технологий и онлайн-систем.

Какие бы совершенные информационные системы и технологии ни появились в будущем, включая CRM-системы с ИИ, мы надеемся, что они станут помощниками и ассистентами турагентов. Это позволит сотрудникам туристского офиса обрабатывать больше операций и более качественно общаться с клиентами, сохраняя при этом контроль и дисциплину в своей работе.

Библиографический список

1. На рынке сервисов бронирования отелей в России сменился лидер – URL: <https://www.rbc.ru/business/06/09/2023/64f6e3a79a79475536138a70> (дата обращения: 17.08.2024).
2. Сайт отраслевой CRM-системы UON Travel – URL: <https://u-on.ru/> (дата обращения: 17.08.2024).
3. Сайт отраслевой CRM-системы МоиДокументы Туризм – URL: <https://www.moidokumenty.ru/> (дата обращения: 17.08.2024).
4. Сайт отраслевой CRM-системы Селена – URL: <https://selena-crm.ru/glavnaya> (дата обращения: 17.08.2024).

СОДЕРЖАНИЕ

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ В ИЗУЧЕНИИ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ, ОБЪЕКТОВ И ЯВЛЕНИЙ

Аманова Ш.С.	3
РОЛЬ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ИЗУЧЕНИИ КЛИМАТА ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТОВ	
Волох Е.Д., Алексеенко Н.А.	5
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СНИМКОВ ВЫСОКОГО И СВЕРХВЫСОКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ПУСТОШЕЙ В ОКРЕСТНОСТЯХ ПГТ. НИКЕЛЬ, МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ	
Гасымова Ю.Ш.	9
РОЛЬ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ В ИЗУЧЕНИИ ЛАНДШАФТОВ (НА ПРИМЕРЕ ВЫСОКОГОРЬЯ БОЛЬШОГО КАВКАЗА)	
Григорьев И.И., Рысин И.И., Конев В.В.	13
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ РАЗНОВРЕМЕННЫХ СНИМКОВ LANDSAT В ИССЛЕДОВАНИЯХ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ УДМУРТИИ	
Захарова М.В.	17
ВОДНЫЕ ИНДЕКСЫ КАК ИНСТРУМЕНТЫ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА	
Касумов Дж.Я.	21
ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ЭКОЛОГО- ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ	
Кужевская И.В., Чередыко Н.Н., Волкова М.А.	25
ГРОЗЫ ХОЛОДНОГО ПОЛУГОДИЯ 2023–2024 ГГ. НА ЮГЕ СИБИРИ	
Кутявина Т.И., Рутман В.В., Ашихмина Т.Я.	27
ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ЭВТРОФИРОВАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ	
Лисецкий Ф.Н., Полетаев А.О.	31
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ГЕОСТАТИСТИКИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ АГРОГЕННЫХ И ПОСТАГРОГЕННЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ ПОЧВ (НА ПРИМЕРЕ АНТИЧНОГО ЗЕМЕЛЬНОГО НАДЕЛА В КРЫМУ)	

Мальцев К.А., Талипова С.Н., Магзянов И.И., Сомов А.А., Мальцева Т.С. АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ЭРОЗИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕЛЬЕФА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМЫХ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА	35
Матвеев С.А., Тульская Н.И., Карпачевский А.М. МОДЕЛИРОВАНИЕ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ В РАЗНЫХ МАСШТАБАХ	39
Медведева Р.А., Ермолаев О.П. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ОБРАЖНОЙ ЭРОЗИИ	43
Михайлова М.В., Сократов С.А., Тульская Н.И. АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ РАЗЛИЧНОЙ ДЕТАЛЬНОСТИ ПРИ ОЦЕНКЕ ЛАВИННОЙ ОПАСНОСТИ	47
Моисеев Д.С., Геворков Д.Д. МОНИТОРИНГ ГОРОДСКОЙ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ Г. ЭНГЕЛЬСА)	51
Назаров Н.Н., Зарочинцев В.С., Назарова И.В. ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРИЛИВНЫХ УСТЬЯХ РЕК О. САХАЛИН	55
Овчинникова Н.Д., Тараканов Дм.А., Малофеев Р.Е. АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ МЕДИ В ПОЧВЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ИНТЕРПОЛЯЦИИ КРИГИНГА	59
Сафаров А.С., Гурбанов Т.Р., Умудова М.Ф. АНАЛИЗ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ ТЕРРИТОРИИ Г. БАКУ	62
Семакина А.В. ПОДГОТОВКА ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОДВЕРЖЕННОСТИ ЛЕСОВ ВЕТРОВАЛАМ	66
Сергеева О.С. ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА: РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ	69
Тараканов Дм.А., Овчинникова Н.Д., Малофеев Р.Е. АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ МАГНИЯ В ПОЧВЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ОБРАТНЫХ ВЗВЕШЕННЫХ РАССТОЯНИЙ	73
Тараканов Дм.А., Малофеев Р.Е. АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ КАЛЬЦИЯ В ПОЧВЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ИНТЕРПОЛЯЦИИ КРИГИНГА	77

Ушакова Л.А., Воскресенский И.С., Сучилин А.А., Сучилина З.А. ГИС ЗВЕНИГОРОДСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ	81
Чередыко Н.Н., Волкова М.В., Кужевская И.В. ОЦЕНКА КЛИМАТОУСЛОВЛЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЛЕСОСТЕПНЫХ И СТЕПНЫХ ЗОН ЮГА СИБИРИ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ	85
Чилингер Л.Н., Тимкина Н.В. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БВС ДЛЯ МОНИТОРИНГА ТЕРРИТОРИЙ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ЗАТОПЛЕНИЮ И ПОДТОПЛЕНИЮ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ИКСА (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)	88

ЦИФРОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ

Артемьева О.В. МОДУЛЬНАЯ СИСТЕМА ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА «ОСНОВЫ ТЕМАТИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ» В САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ	91
Бронникова И.А., Брыжко И.В. ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АТЛАСНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ	95
Бурдин А.А. ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ В ПЕРМСКОМ КРАЕ	98
Гатина Е.Л., Каракулов А.Ю. АЛЬБОМ ТАКТИЛЬНЫХ КАРТ ГОРОДА ПЕРМИ	102
Зорина В.В., Курамагомедов Б.М. ТОЧНОСТЬ СОГЛАСОВАНИЯ РАЗНОВРЕМЕННЫХ ДЕТАЛЬНЫХ ЦМР ПРИ ПОМОЩИ КОРЕГИСТРАЦИИ	108
Калюжин В.А., Иванов С.Е., Калюжина Л.Н. 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ГОРНОГО РЕЛЬЕФА ПО РАСТРОВОЙ КАРТЕ	110
Карпачевский А.М. АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ ПРОТЯЖЕННОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ РОССИИ В ПЕРИОД 1933–2020 ГГ.	114
Корнилов Д.А., Прохорова Е.А. АНАЛИЗ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГОРОДОВ ДЛЯ РАЗВИТИЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ВЕЛОДВИЖЕНИЯ	117
Мозгин А.В., Мозгина М.М. РАЗРАБОТКА ОНЛАЙН-КАРТОГРАФИЧЕСКОГО СЕРВИСА «КРУПНЫЕ НАВОДНЕНИЯ В РОССИИ В XXI ВЕКЕ»	122

Липовецкая М.А., Карпачевский А.М.	126
ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ РОССИИ В ПЕРИОД 1933–2020 ГГ.	
Перминова Е.С.	130
КОМПЛЕКСНОЕ АТЛАСНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ГОРОДОВ: ОПЫТ НА ПРИМЕРЕ АТЛАСА ГОРОДА ПЕРМИ	
Прасолова А.И., Шурыгина А.А., Титов Г.С.	134
ОПЫТ ОБУЧЕНИЯ АТЛАСНОМУ КАРТОГРАФИРОВАНИЮ	
Ракова А.И.	137
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ТЕМАТИЧЕСКИХ КАРТ XVIII–XIX ВВ.	
Самсонов Т.Е.	140
АНИМАЦИОННЫЕ ПЕРЕХОДЫ МЕЖДУ КАРТОГРАФИЧЕСКИМИ СПОСОБАМИ ИЗОБРАЖЕНИЯ: НА ПРИМЕРЕ КАРТОГРАММ И КАРТОДИАГРАММ	
Сидорина И.Е., Сюзюмов А.А., Меняйленко Е.В., Плужников В.Д.	144
ИЗУЧЕНИЕ ВОСПРИЯТИЯ СОВРЕМЕННЫХ КАРТ ШКОЛЬНИКАМИ МЛАДШИХ КЛАССОВ НА ОСНОВЕ ТЕСТИРОВАНИЯ КАРТ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ	
Судницына Т.В.	148
КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ БАЗА ДАННЫХ ОПАСНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В БАССЕЙНЕ Р. КАМЫ	
Сюзюмов А.А.	153
КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ КОЛЛЕКЦИЯ Г.М. ВАСИЛЕВИЧ В СОБРАНИИ МАЭ РАН: ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ	
Титов Г.С., Каргашин П.Е.	157
СОЗДАНИЕ КУБА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТКРЫТОГО И СВОБОДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	
Ужегов М.В., Энтин А.Л.	162
РАСЧЁТ ДОСТОВЕРНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СТОКА НА СЕТКАХ НИЗКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ	
Чащин А.Н., Кондратьева М.А.	163
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОЧВЕННО-КАРТОГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ НА ПРИМЕРЕ КАРТЫ УСЛОВИЙ МИГРАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ	
Шагина И.С.	167
ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОГНОЗЫ

Алексеева А.А., Бухаров В.М.	171
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА КОНВЕКТИВНЫХ ШТОРМОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ СЕТИ ДМРЛ-С И ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД НА ЕТР	
Антохина О.Ю., Антохин П.Н., Гочаков А.В., Збиранник А.А.	176
ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ОСАДКИ НА ЮГЕ СИБИРИ: ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ОПРОКИДЫВАНИЯ ВОЛН РОССБИ	
Варенцов М.И., Самсонов Т.Е., Шурыгина А.А., Ярынич Ю.И.	180
ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ГОРОДСКОЙ МЕТЕОРОЛОГИИ ДЛЯ МОСКВЫ И САНКТ-ПЕТЕРБУРГА	
Васильев Д.Ю., Христодуло О.И.	185
ОЦЕНКА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОГО УРАЛА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И СТАНЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ	
Ветров А.Л., Костарев С.В., Тиунов А.А.	189
ОЦЕНКА МОДЕЛИ ПЕРЕХВАТА ОСАДКОВ В КОМПЛЕКСЕ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ АТМОСФЕРЫ И РЕЧНОГО ВОДОСБОРА	
Дегтярева Т.В., Волкова М.А., Синотенко А.Н.	193
ВЛИЯНИЕ МЕСТНОГО ЦИКЛОГЕНЕЗА НА ТЕРРИТОРИЮ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	
Калинин Н.А., Крючков А.Д., Сидоров И.А.	197
ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПАСОВ ВОДЫ В СНЕГЕ НА ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ И РЕАНАЛИЗА ERA5-LAND	
Калинин Н.А., Старцева П.Ю.	200
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ БИОКЛИМАТИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ МОДЕЛЬЮ WRF-ARW	
Китаев А.Б., Матвеева Е.Э.	204
ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОТКИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НЕФТЕПРОДУКТАМИ В ФАЗУ ЗИМНЕЙ СРАБОТКИ ВОДОЕМА (ПО МАТЕРИАЛАМ НАСТОЯЩЕГО СТОЛЕТИЯ)	

Кусерова А.И., Васильев Д. Ю.	207
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ТУРИСТСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА САРАНСКА	
Лукин И.Л., Мамаева И.К.	211
ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА В ГОРОДЕ ПЕРМИ	
Михайлова Н.М., Овчинникова О.В.	214
ДАННЫЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ОСАДКОВ: ДОСТУПНОСТЬ, КАЧЕСТВО, ПРИМЕНИМОСТЬ В ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ	
Опутин М.А., Синцова Т.Н.	218
К ОСОБЕННОСТЯМ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО И ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМОВ ЗИМНЕГО СТОКА Р. КАМА В СТВОРЕ ПГТ ТЮЛЬКИНО	
Переведенцев Ю.П., Мирсаева Н.А., Гурьянов В.В., Николаев А.А., Шишкин Г.И.	223
КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В КАЗАНИ В XIX–XXI ВЕКАХ	
Пищальникова Е.В., Левина Е.С.	228
МЕТЕЛЕВЫЙ ВЕТЕР В ПЕРМСКОМ КРАЕ	
Поморцева А.А.	232
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВЕСЕННИХ ГРОЗ	
Савичев О.Г.	235
ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ВОДООХРАННЫХ ЗОН РЕК (НА ПРИМЕРЕ Р. ВАСЮГАН)	
Самедзаде Н.	239
ПРОБЛЕМЫ КАСПИЙСКОГО МОРЯ	
Свиязов Е.М., Быков А.В., Пищальникова Е.В.	242
ПРОГНОЗ ГОЛОЛЕДА МЕТОДОМ МЕЖЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ИНТЕРВАЛОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ WRF-ARW	
Севастьянов В.В., Самбуу А.Д.	246
РЕКРЕАЦИОННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД	
Сивков Б.А., Хилажева Д.Р.	250
АНАЛИЗ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ГОРОДЕ ПЕРМИ	

Симакин М.Д.	254
О ВЗАИМОСВЯЗЯХ СОСТОЯНИЯ ЛЕДОВОГО ПОКРОВА И ОСРЕДНЁННОГО БАРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В АКВАТОРИИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ	
Синцова Т.Н., Опутин М.А.	257
ВЛИЯНИЕ ВНУТРИСУТОЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ РАБОТЫ КАМГЭС НА КАЧЕСТВО ЗАБИРАЕМОЙ ВОДЫ В РАЙОНЕ ВОДОЗАБОРА Г. ПЕРМИ	
Тананаев Н.И., Тимофеев М.А.	262
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КЛИМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ТЕРРИТОРИИ КАМЧАТСКОГО КРАЯ	
Федурин Е.Ю.	265
ТЕМПЕРАТУРНО-ВЕТРОВОЙ РЕЖИМ В КУЧЕВО-ДОЖДЕВЫХ ОБЛАКАХ	
Фокичева А.А.	268
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ КЛИМАТИЧЕСКИМИ РИСКАМИ	
Хасанов И.А., Елизарьев А.Н., Васильев Д.Ю.	273
СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ ЗАСУШЛИВОСТИ И УВЛАЖНЕНИЯ БАССЕЙНА РЕКИ БЕЛАЯ	
Шайдулина А.А., Фасахов М.А., Демина В.В.	277
ВОДНЫЙ РЕЖИМ ВОТКИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ	
Шихов А.Н., Чернокульский А.В., Ярынич Ю.И.	281
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОЛГОЖИВУЩИХ СИЛЬНЫХ ШКВАЛОВ В ЛЕСНОЙ ЗОНЕ РОССИИ	
Шкляев В.А.	284
ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА УРАЛЕ	
Энтин А.Л., Гарцман Б.И., Паркина В.А., Толкачёва В.Ф., Шекман Е.А.	289
МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЧНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗНЫХ ФУНКЦИЙ ИНИЦИАЦИИ	
Китаев А.Б., Ларченко О.В.	293
КАЛИНИН ВИТАЛИЙ GERMAHOVИЧ – УЧЕНЫЙ, ПЕДАГОГ, ЧЕЛОВЕК	

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ

Абдулманова И.Ф., Кучин Л.С.	297
ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ И ФИТОИНДИКАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ УРОВНЕМ БОГАТСТВА ПОЧВ ЭЛЕМЕНТАМИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ И РЕАКЦИЕЙ ЭКОСИСТЕМ НА ЗАСУХУ	
Бузмаков С.А., Дзюба Е.А., Егорова Д.О., Абдулманова И.Ф., Кучин Л.С., Хотяновская Ю.В.	301
ПРОГРАММА ПО СОЗДАНИЮ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В КАРСТОВОМ РАЙОНЕ И ВОДНО-БОЛОТНОМ КОМПЛЕКСЕ	
Вампилова Л.Б.	307
ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИСТОРИЧЕСКОЙ ГЕОЭКОЛОГИИ	
Гаджиева Г.Н.	311
РОЛЬ ГИС В ПРОВЕДЕНИИ ЛЕСОВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ СКЛОНЕ БОЛЬШОГО КАВКАЗА	
Зайцев А.А., Наумов В.Г., Кулакова С.А.	315
ГЕЙМИФИКАЦИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММАХ «ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»	
Кулакова С.А.	319
РАЗРАБОТКА И НАПОЛНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ЗЕЛЕНый ГОРОД»	
Малюгин Д.В., Петров Ю.В.	323
ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НАДЗОРА НАД ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ НЕДРОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ	
Мехоношина Е.А.	327
ПРИМЕНЕНИЕ ДИАТОМОВОГО АНАЛИЗА В ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЯХ	
Петров Ю.В., Святкина Е.Д.	331
ВОЗМОЖНОСТИ МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В ГРАНИЦАХ АРОМАШЕВСКОГО РАЙОНА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ	

Петрова И.Ф., Королева Е.Г.	335
ОПЫТ СОЗДАНИЯ ГИС «ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КАРКАС СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО РАЙОНА ЮГА РОССИИ» ДЛЯ ЦЕЛЕЙ МОНИТОРИНГА БИОРАЗНООБРАЗИЯ В АГРОЛАНДШАФТАХ	
Рязанов А.В., Абрамова Л.А.	339
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ГИС И ДЗЗ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ	
Семакина А.В.	342
РЕСУРСЫ WEB-КАРТОГРАФИИ КАК ИНСТРУМЕНТ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	
Сукманова Т.В., Белов Н.С.	346
ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ К ЗАЩИТЕ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ НА ПРИМЕРЕ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ	
Третьяченко Д.А., Алексеева Н.Н., Климанова О.А.	350
ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ НАЗЕМНОГО ПОКРОВА С 1992 ПО 2020 ГГ. ПО ГЛОБАЛЬНЫМ ДАННЫМ	

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИЗУЧЕНИИ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Гусейнова Т.М.	355
ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ БОЛЬШОЙ КАВКАЗСКОЙ ОБЛАСТИ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ)	
Заляза Н.Ю., Лучников А.С.	359
ИЗУЧЕНИЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ В ПРИВОЛЖСКОМ ОКРУГЕ МЕТОДАМИ ЦИФРОВОЙ ГЕОГРАФИИ	
Иванова М.Б., Волков С.А.	364
РОЛЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ГРАНИЦ ГОРОДСКИХ МИКРОРАЙОНОВ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ПЕРМИ)	
Карабатов В.А.	368
ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗОНИРОВАНИИ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ ДЕЛИМИТАЦИИ БОЛЬШОГО ЦЕНТРА)	
Кидирниязов Р.Е.	372
ЦИФРОВОЙ ОБРАЗ ПРИРОДНОГО ЛАНДШАФТА «МЕРКИТСКАЯ КРЕПОСТЬ»	

Коньшев Е.В.	375
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ТЕКСТОВЫХ ДАННЫХ В ОБЩЕСТВЕННОЙ ГЕОГРАФИИ	
Мельников Е.Р., Балина Т.А.	378
РОЛЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗВИТИИ МУЗЕЙНОГО ДЕЛА	
Поспишенко М.А., Балина Т.А.	383
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА В ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПОСРЕДСТВОМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	
Соколов С.Н.	387
ТРАНСПОРТНАЯ ДОСТУПНОСТЬ ПОСЕЛЕНИЙ ВОСТОЧНОГО РЕГИОНА ХАНТЫ-МАНСКИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ	
Столбов В.А., Чупина Л.Б.	391
НАНОИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЩЕСТВЕННОЙ ГЕОГРАФИИ И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
Субботина Т.В.	396
ЦИФРОВИЗАЦИЯ УРБОСИСТЕМЫ: СУЩНОСТЬ, ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ	
Фадеева С.М.	402
ТИПОЛОГИЯ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ПОТЕНЦИАЛУ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ТУРИЗМА	
Хаванская Н.М., Кузнецова М.Н.	406
КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ДЕТСКОЙ НАГРУЗКИ НА ТРУДОСПОСОБНОЕ НАСЕЛЕНИЕ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ	
ЦИФРОВАЯ ГЕОГРАФИЯ И СОВРЕМЕННЫЙ ТУРИЗМ	
Бабаев Н.Г.	408
ДРЕВНИЕ ТЮРКСКИЕ ПЛЕМЕНА УЗЫ И ПЕЧЕНЕГИ. ИСТОРИЧЕСКИЕ МЕСТА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ	
Герасимов В.К., Бартенев А.А., Пименов А.В., Закутнев М.О., Землянскова А.А.	412
НАУЧНО-ТУРИСТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ТЕНЬКИНСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО ОКРУГА МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ	
Исмаилова Ш. Ф.	415
ХАЙКИНГ-ТРОПЫ В ИСМАИЛЛИНСКОМ РАЙОНЕ	

Кидирниязов Р.Е., Романько А.А.	418
МОДЕЛЬ БЛАГОУСТРОЙСТВА РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ Р. МУЛЯНКА В ПРЕДЕЛАХ Г. ПЕРМИ	
Кицис В.М., Комаров К.В.	422
НАПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ В ТУРИЗМЕ	
Латышева А.И.	426
ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ТУРИЗМЕ	
Лозбенева Э.А., Калущкова Н.Н.	432
ОПТИМАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТУРИСТИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ	
Лядова А.А., Хохрякова А.А.	436
СРАВНЕНИЕ ГЕОЛОКАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОСПРИЯТИЯ ТЕРРИТОРИИ	
Морозова Ю.А.	438
ЦИФРОВИЗАЦИЯ В СОВРЕМЕННОМ ТУРИЗМЕ	
Расковалов В.П.	441
ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ В АКТИВНОМ ТУРИЗМЕ	
Сарайкина С.В., Клементьева Д. С.	444
ВИРТУАЛЬНЫЕ ЭКСКУРСИИ КАК ЭЛЕМЕНТ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТУРИЗМЕ	
Шарифулин С.Р.	449
МНЕНИЕ О ВАЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ CRM-СИСТЕМ В СОВРЕМЕННОМ ТУРИСТСКОМ ОФИСЕ	

Научное издание

Цифровая география

Материалы II Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием

(г. Пермь, ПГНИУ, 25–28 сентября 2024 г.)

Издается в авторской редакции
Компьютерная верстка: *А. П. Белоусова*

Объем данных 16,97 Мб
Подписано к использованию 20.12.2024

Размещено в открытом доступе
на сайте www.psu.ru
в разделе НАУКА / Электронные публикации
и в электронной мультимедийной библиотеке ELiS

Управление издательской деятельности
Пермского государственного
национального исследовательского университета
614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15