

**ВОПРОСЫ ГИДРОЛОГИИ, ГЕОЭКОЛОГИИ  
И ОХРАНЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

**HYDROLOGY, GEOECOLOGY AND  
PROTECTION OF WATER BODIES**

**Материалы межрегиональной  
научно-практической конференции  
студентов, магистров и аспирантов  
(11 ноября 2020 г.)**



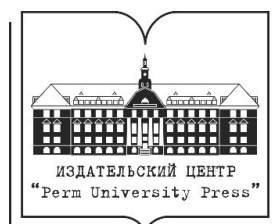
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ВОПРОСЫ ГИДРОЛОГИИ, ГЕОЭКОЛОГИИ  
И ОХРАНЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

**HYDROLOGY, GEOECOLOGY AND  
PROTECTION OF WATER BODIES**

*Материалы межрегиональной научно-практической конференции  
студентов, магистров и аспирантов  
(11 ноября 2020 г.)*



Пермь 2020

УДК 556.552: 556.113

ББК 26.222

В748

**Вопросы** гидрологии, геоэкологии и охраны водных объектов = Hydrology, Geoecology and Protection of Water Bodies [Электронный ресурс] : материалы межрегиональной научно-практической конференции студентов, магистров и аспирантов (11 ноября 2020 г.) ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2020. – 2,81 Мб ; 60 с. Режим доступа: [http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/Voprosy\\_gidrologii\\_geoecologii\\_ohrany\\_vodnyh\\_obektov-2020.pdf](http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/Voprosy_gidrologii_geoecologii_ohrany_vodnyh_obektov-2020.pdf). – Заглавие с экрана.

ISBN 978-5-7944-3582-5

Представлены материалы научно-практической конференции, на которой были рассмотрены вопросы гидрологии, геоэкологии и охраны водных объектов Пермского края и сопредельных территорий.

Издание предназначено для студентов и магистров направлений «Гидрология» и «Гидрометеорология», а также аспирантов направления «Науки о Земле».

Ил. 19, табл. 12.

The conference proceedings cover some issues of hydrology, geoecology and protection of water bodies of the Perm region (Perm Krai) and adjacent territories.

The publication is intended for students and holders of master's degree in Hydrology and Hydrometeorology as well as postgraduate students of the Earth Science program.

УДК 556.552: 556.113

ББК 26.222

*Издается по решению оргкомитета конференции*

Отв. за выпуск **О. А. Березина**

ISBN 978-5-7944-3582-5

© ПГНИУ, 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Арсланова Л. А.</b> Долгопериодные изменение температуры воздуха в Ашхабаде.....	4
<b>Горбунова Я. М.</b> Анализ особенностей ледообразования на Камском водохранилище.....	9
<b>Димиева Е.С.</b> Особенности выделения водоохранных зон на озерах (на примере Челябинской области).....	15
<b>Лазунин А. А.</b> Межгодовые изменения температуры воздуха в Ханты-Мансийске на фоне современных климатических изменений.....	21
<b>Ларченко А.А.</b> Использование специализированных программ для химического анализа воды.....	27
<b>Минкина А.В., Павлова Д.Л.</b> Оценка водообеспеченности административных районов Пермского края.....	34
<b>Опутин М. А.</b> Анализ водообеспеченности Пермского края.....	38
<b>Фасахов М. А.</b> Моделирование пространственного распределения снежного покрова в период весеннего снеготаяния с использованием ГИС-технологий.....	44
<b>Ушаков В. Ю., Алимова Г. С., Федотов С.В.</b> Содержание радионуклидов почв речных долин Тюменской области в условиях техногенеза.....	50
<b>Ушаков В. Ю., Алимова Г. С., Халилов Р. И.</b> Содержание радионуклидов в почвах таежно-лесных ландшафтов Тюменской области.....	55

## **ДОЛГОПЕРИОДНЫЕ ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В АШХАБАДЕ**

*Арсланова Лола Арслановна*  
*ФГАОУ ВО Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань (Россия)*  
*E-mail: lolaarslanova1999@gmail.com*

## **LONG-TERM CHANGES IN AIR TEMPERATURE IN ASHGABAT**

*Arslanova Lola Arslanovna*  
*student of Kazan (Volga region) Federal University, Kazan*  
*E-mail: lolaarslanova1999@gmail.com*

### **Аннотация**

Данное исследование проводилось для оценки климатической изменчивости температуры воздуха города Ашхабада, чтобы оценить современное изменение температуры воздуха. За период с 1922 – 2019 гг. среднемесячная температура воздуха повысилась на 2,6 °С, минимальная температура была зарегистрирована в 1969 г (-7,2 °С), максимальная температура отмечалась в 2019 г (33,6 °С). Наибольшая межгодовая изменчивость наблюдалось в зимние месяцы, в период с 1961 – 1990 гг., среднее квадратическое отклонение января, равна 3,5°С, февраля 3,9°С и декабря 2,9°С. В теплый период среднее квадратическое отклонение, средних месячных температур воздуха, в 1,5-3,0 раза меньше, чем в холодный. Также рассчитывались коэффициенты корреляции для всех месяцев с 1922 – 2019 гг. Анализ линейных трендов показывает, что за 98 лет температура воздуха повышалась, наибольшие значения положительных температур отмечается в январе, отрицательных температур не наблюдалось, что говорит о глобальном потеплении климата.

Ключевые слова: температура воздуха, изменения климата, Ашхабад.

### **Annotation**

This study was conducted to assess the climate variability of the air temperature of the city of Ashgabat, in order to assess the current change in air temperature. Between 1922 and 2019, the average monthly temperature increased by 2.6 C, the minimum temperature was recorded in 1969 (-7.2 C), and the maximum temperature was recorded in 2019 (33.6 C). The greatest interannual variability was observed in the winter months, in the period from 1961-1990, the average square deviation of January is equal to 3.5°C, February 3.9°C and December 2.9°C. In the warm period, the average square deviation of the average monthly air temperature is 1.5-3.0 times less than in the cold period. Correlation coefficients were also calculated for all months from 1922 to 2019. the analysis of linear trends shows that over 98 years the air temperature has increased, the highest values of positive temperatures are observed in January, negative temperatures were not observed, which indicates a global warming of the climate.

Keywords: air temperature; climate change; Ashgabat.

Многолетние колебания температуры во многом связаны с глобальными факторами, которые в настоящее время не полностью определены, и также не в полной мере изучены

закономерности их изменчивости во времени. Современное изменение температуры поверхности Земли объясняется таким явлением, как глобальное потепление. Причины этому могут быть разные: повышение концентрации парниковых газов в атмосфере («парниковый эффект»), изменение солнечной и вулканической активности и т.д.

Целью данной работы является: расчёт климатического изменения температуры воздуха города Ашхабада.

Для достижения поставленной цели были выполнены следующие задачи:

- 1) Создание банка данных и их расчет.
- 2) Описание физико-географических и климатических особенностей исследуемой территории
- 3) Изучение годового хода приземной температуры воздуха за период 1922– 2019 гг.
- 4) Изучение характера пространственно-временного распределения приземной температуры воздуха за период 1922– 2019 гг.
- 5) Составление графиков и тренд-анализ многолетних рядов температуры воздуха.
- 6) Оценка долгопериодных изменений температуры воздуха по данным метеостанции Ашхабад

В качестве исходных данных использованы данные приземных метеорологических наблюдений банка данных «Погода и климат» (<http://www.pogodaiklimat.ru/history/38880.htm>) ст. аэропорт Ашхабада по средним месячным и годовым температурам воздуха за период с 1922 по 2019 гг., которая располагается на окраине города широта 37.99 долгота 58.36, высота над уровнем моря 211м.

Для выделения систематической составляющей изменений температуры для всех месяцев года были построены линейные тренды для всех метеостанций.

$$y(t)=at+b, \quad (1)$$

где  $y(t)$  – сглаженное значение температуры воздуха на момент времени  $t$  ( $t=1,2,3...,n$ ),  $a$  – угловой коэффициент наклона линии тренда (КНЛТ), характеризует скорость изменения температуры,  $b$  – свободный член (начальное значение линии тренда). Положительное значение коэффициента  $a$  указывает на рост температуры (потепление климата), а отрицательное на похолодание климата.

В период 1922 – 2019 гг. отмечается положительный КНЛТ температуры воздуха во всех месяцах исследуемой станции наибольшая скорость потепления отмечается в январе ( $a=0,4^{\circ}\text{C}/10$  лет), наименьшая скорость потепления наблюдалась в октябре ( $a=0,1^{\circ}\text{C}/10$  лет). При этом процесс потепления как в Ашхабаде, так и в России развивается с большей скоростью, чем на Земле.

Для более детального выявления долгопериодных особенностей в режиме температуры воздуха в городе Ашхабад рассчитывались следующие статистические параметры: средние значения, аномалии, среднее квадратическое отклонение (СКО), коэффициенты наклона линейного тренда (КНЛТ). Расчеты производились за различные периоды: 1931-1960, 1961-1990, 1991-2019, гг. и в целом за период 1922-2019 гг. Это позволяет описать климатические изменения за XX столетие в целом и по его частям, и в начале XXI века.

Таблица 1

## Характеристики температуры воздуха (°C) для различных периодов

Период	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Сред
	среднее значение температуры												
1931-1960 гг.	2,1	4,9	9,0	16,5	23,3	28,3	31,0	29,3	23,6	16,2	7,8	2,9	16,2
1961-1990 гг.	2,1	3,9	9,6	16,9	23,1	28,4	30,9	28,7	23,1	15,3	9,7	4,5	16,4
1991-2019 гг.	3,9	5,6	11,1	17,6	24,0	29,5	31,6	30,0	24,3	17,1	9,9	5,1	17,5
1922-2019 гг.	2,5	4,6	9,9	16,9	23,5	28,7	31,1	29,3	23,6	16,2	9,1	4,0	16,6
	СКО												
1931-1960 гг.	2,7	3,6	2,6	1,7	1,7	1,3	1,0	1,1	1,1	1,7	2,3	2,8	0,9
1961-1990 гг.	3,5	3,9	2,0	1,7	1,7	1,2	0,9	1,1	1,0	1,7	2,2	2,9	0,9
1991-2019 гг.	2,4	2,5	2,1	2,0	1,8	1,3	0,9	1,1	1,3	1,7	2,1	2,0	0,7
1922-2019 гг.	3,03	3,31	2,36	1,81	1,67	1,33	1,04	1,26	1,27	1,79	2,31	2,84	1,01

Средняя годовая температура воздуха в Ашхабаде составляет 16,6°C за 98 лет с диапазоном колебаний от 1,4 °C (1941 г.) до 6,9°C (2008 г.). Январская средняя многолетняя температура воздуха равна 2,5°C, наибольшая температура наблюдалась в 1966 г. (8,5°C), а наименьшая в 1969 г. (-5,9°C). Средняя многолетняя температура воздуха Ашхабада в июле – в самом теплом месяце года – составляет 30,8°C. Июль 1988 г. (28,0°C) был наиболее холодным, а июль 2019г. (33,6°C). - наиболее жарким.

Таблица 2

Коэффициенты наклона линейного тренда температуры воздуха (°C/10 лет)  
для различных периодов

Период	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Сред
1931-1960 гг.	1,27	0,53	-0,24	-0,19	0,30	0,27	-0,06	0,13	0,13	-0,09	-0,16	-0,04	0,17
1961-1990 гг.	0,18	-0,44	-0,33	0,78	-0,28	0,33	0,25	0,18	0,36	0,24	0,33	0,66	0,19
1991-2019 гг.	0,46	0,01	1,05	0,05	1,24	0,58	0,47	0,40	0,62	0,45	-0,45	0,26	0,42
1922-2019 гг.	0,36	0,16	0,26	0,19	0,13	0,20	0,14	0,14	0,16	0,12	0,26	0,34	0,20

Наибольшие значения КНЛТ в зимние месяцы отмечаются в период с 1961-1990 гг, в связи с началом наиболее активной фазы современного потепления климата. За последние 30 лет ТВ повышается с большей скоростью в мае, значение которой равно 1,24 °C/10 лет. Наименьшая скорость потепления - в феврале 0,01 °C/10 лет. Однако стоит отметить что только в ноябре наблюдается понижение ТВ (-0,45 °C/10 лет).

а)



б)

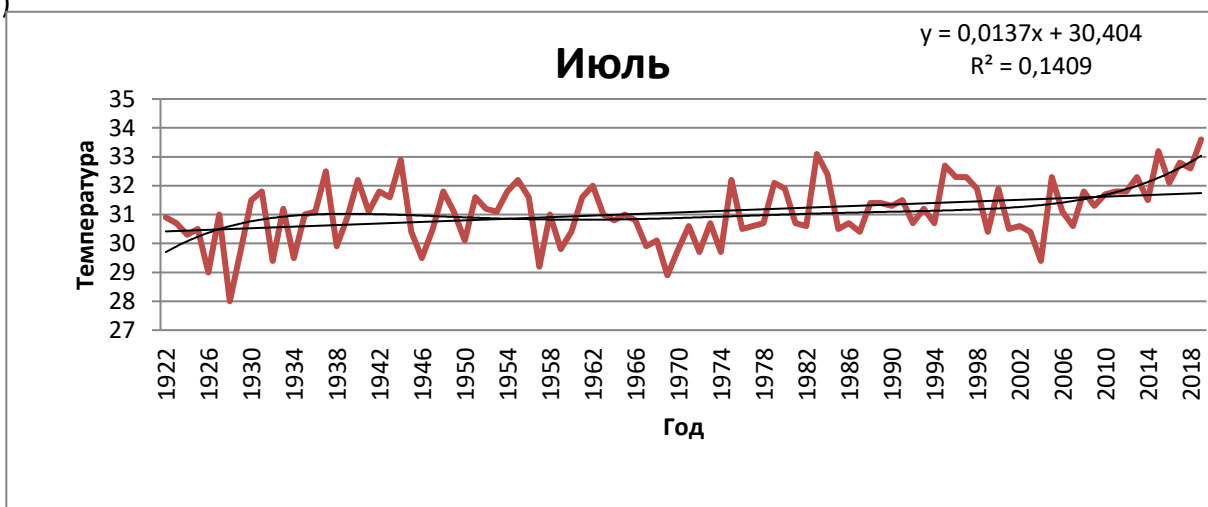


Рис. 1. Многолетний ход среднемесячной температуры воздуха (°C) на ст. аэропорт, Ашхабад (1922 – 2019 гг.): а) январь, б) июль

Полученные временные ряды сглаживались линейно и полиномиально. При объеме выборки в 98 лет  $R^2 > 0,03$  считается статистически значимым. Период повышения среднемесячной температуры воздуха в январе отмечался с 1938 по 1968 гг., с 1995 г. до конца рассматриваемого промежутка времени. Периоды уменьшения температуры – с 1969 по 1994 гг. Для июля период повышения температуры: 1970 – 2019 гг., уменьшения: 1926 – 1969 гг.



В ходе проделанной работы, получили следующие результаты:

- В многолетнем ходе среднемесячной температуры во всех рассматриваемых месяцах заметна тенденция к росту температуры. За 98 лет СГТВ в Ашхабаде возросла на 2,5°C, согласно оценкам линейного тренда.

- Средняя годовая температура воздуха составляет 16,6 °С. Максимальная температура воздуха была отмечена в 2019 году (33,6 °С), а минимальная ТВ отмечалась в 1966 году (-7,2 °С).

- Январская средняя многолетняя температура воздуха равна 2,5°C, наибольшая температура наблюдалась в 1966 г. (8,5°C), а наименьшая в 1969 г. (-5,9°C). Средняя многолетняя температура воздуха Ашхабада в июле – в самом теплом месяце года - составляет 30,8°C.

- Наибольшая межгодовая изменчивость наблюдается в зимние месяцы: в период с 1961-1990 гг., СКО января равна 3,5 °С, февраля 3,9°C и декабря 2,9°C. В теплый период СКО средних месячных температур воздуха в 1,5-3,0 раза меньше, чем в холодный.

- За последние 30 лет ТВ повышается с большей скоростью в мае, значение которой равно 1,24 °С/10 лет. Наименьшая скорость потепления - в феврале 0,01 °С/10 лет.

### Список литературы

1. Климат Ашхабада / под ред. Ц.А. Швер, А.Б. Рыхлова. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 190 с.
2. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации/ Москва. – 2014. - 60 с.
3. Фёрстер, Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа. Руководство для экономистов/ Э. Фёрстер, Б. Ренц// Перевод с немецкого и предисловие В.М. Ивановой. – М.: «Финансы и статистика». – 1983. – 304 с.
4. Климат России/ Под ред. Н.В. Кобышевой. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. – 568с.
5. Souza Echera, M.P. On the relationship between global, hemispheric and latitudinal averaged air surface temperature (GISS time series) and solar activity / M.P. Souza Echera, E. Echera, N.R. Rigozoc, C.G.M. Brumd, D.J.R. Nordemanna, W.D Gonzalez // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. – 2012. – Vol. 74. – P. 87-93.

## **АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ЛЕДООБРАЗОВАНИЯ НА КАМСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ**

*Горбунова Яна Михайловна*

*Студентка 4 курса Пермского государственного  
национального исследовательского университета, г. Пермь (Россия)*

*E-mail: missyana-gorbunova@yandex.ru*

*науч. руководитель: Микова Ксения Дмитриевна к.г.н,  
доцент кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов*

*Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь*

*E-mail: mikovak@yandex.ru*

## **ANALYSIS OF THE ICE FORMATION IN THE KAMSKY RESERVOIR**

*Gorbunova Yana Mikhailovna*

*4th year student of bachelor's degree*

*Perm state university, Perm*

*Ksenia Mikova*

*Assoc.prof. of the department of hydrology and water resources protection,  
of Perm State University, Perm*

### **Аннотация**

Знание ледового режима рек и водохранилищ имеет большое значение для планирования и наиболее рациональной организации работы предприятий многих отраслей экономики. В данной работе восстановлены ряды наблюдений, проведен анализ дат перехода температуры воздуха через 0°C осенью к отрицательным значениям на метеостанциях и дат появления ледовых явлений на гидрологических постах Камского водохранилища. Результаты показали, что раньше всего ледовые явления появляются в мелководных заливах, затем на северных участках и распространяются вниз по течению к более глубоководным, теплым участкам.

Ключевые слова: ледовый режим; ледовые явления; сроки замерзания; Камское водохранилище.

### **Annotation**

Study of the rivers and reservoirs ice regime has big importance for planning and many economy sectors rational organization. In this research the data of air temperature dates pass through 0°C in autumn were infilled. As well as the analysis of these dates in autumn and freezing dates at gauge stations of the Kama reservoir were done. The results showed that first ice appear in more shallow parts, then it moves from northern cold part to southern deep and warmer part of Kamsky reservoir.

Keywords: ice regime; ice phenomena; freezing date; Kama reservoir.

## Введение

Знание ледового режима рек и водохранилищ имеет большое значение для планирования и наиболее рациональной организации работы предприятий многих отраслей экономики. Продолжение исследований в данной области приводит к накоплению необходимой теоретической базы для эффективного использования водных ресурсов Камского водохранилища, в том числе в условиях изменяющегося климата. Значение данного исследования не может потерять свой смысл, поскольку для составления комплексной и адекватной своему времени картине, необходимо постоянно поддерживать актуальность данных. Более того, в условиях изменяющегося климата постоянная поддержка актуальности эмпирических и теоретически данных диктуется природой. Цель данного исследования – анализ особенностей замерзания Камского водохранилища.

В России имеется большое количество публикаций о ледовом режиме. Так, особенности ледового режима исследовали Боровская Р.В. (2006), Агафонова С.А. (2017), Махинов А.Н. и др. (2017), Литвинов П.В. и Дмитриева В.А. (2019). Изучением процессов замерзания, установления ледостава занимались Бузин В.А. и др. (1997), Борщ С.В. и Гинзбург Б.М. (2009), Глотов В.Е. и др. (2017). Нарастание толщины льда рассматривали Попов С.Н. и др. (2008), Гуревич Е.В. (2009), Голубев В.Н. и Фролов Д.М. (2018), Крапивная С.А. и др. (2019). Вскрытие и очищение ото льда анализировали Агафонова С.А. и Фролова Н.Л. (2007), Василенко А.Н. (2018). В изученности Камского водохранилища следует отметить следующие работы: Калинин В.Г. (1993), Калинин В.Г. и Трофимов Н.А. (2001), Калинин В.Г. и Микова К.Д. (2006).

### Исходные данные и методы исследования

В основу работы положены материалы многолетних наблюдений Пермского ЦГМС за состоянием водного объекта на гидрологических постах (г/п) Камского водохранилища (Березники, Усть-Пожва, Майкор, Чермоз, Висим, Усть-Кемаль, Ильинский, Добрянка, КамГЭС, Нижние Шалыги, Троица) за 62 года (1956-2017 гг.) и температурой воздуха на метеорологических станциях (МС Березники, Чермоз, Добрянка) за 60 лет (1956-2015 гг.). Данные с 1956 по 2007 г. взяты из фондовых материалов кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов ПГНИУ и ПЦГМС.

Данные о различных характеристиках гидрологического режима с 2008 по 2017 годы имеются на сайте «Автоматизированной информационной системы государственного мониторинга водных объектов (АИСГМВО)».

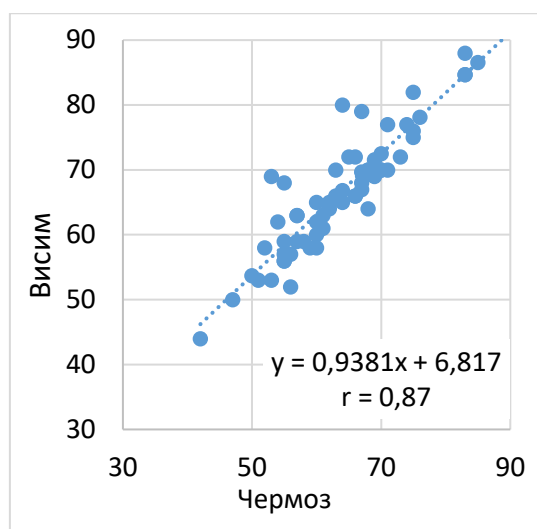


Рис. 1. Зависимость сроков появления ледовых явлений на г/п Висим от сроков на г/п Чермоз за период 1956-2017 гг.

В связи с наличием пропусков в данных наблюдений появления ледовых явлений на г/п: Чермоз, Висим, Усть-Кемаль, Ильинский, Нижние Шалыги и Майкор, было осуществлено восстановление рядов наблюдений. Пары постов с более тесной корреляцией проанализированы на схожесть условий ледообразования и выбраны для продления рядов наблюдения (рис. 1): Висим и Чёрмоз ( $r=0.87$ ); Усть-Кемаль и Ильинский ( $r=0.86$ ); Нижние Шалыги и Майкор ( $r=0,97$ ).

#### Результаты

Устойчивая дата перехода температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  является одним из показателей, характеризующих процессы похолодания осенью. Чем раньше температура воздуха переходит через  $0^{\circ}\text{C}$  к отрицательным значениям, тем раньше появятся ледовые явления и наоборот. В таблице 1 представлены средние, поздние и ранние даты перехода температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  осенью к отрицательным значениям на метеостанциях, расположенных вблизи акватории Камского водохранилища за период 1956-2015 гг.

Таблица 1

Средние, поздние и ранние даты перехода температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  осенью к отрицательным значениям на метеостанциях за период 1956-2015 гг.

Даты	МС Березники	МС Чермоз	МС Добрянка
Средняя дата	22.10	26.10	26.10
Поздняя дата	11.11	22.11	18.11
Год	1957,1967,2010	1967	2010
Ранняя дата	02.10	08.10	08.10
Год	1982	1976,1984,2015	1984,2015

Анализ средних дат показывает, что переход температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  (табл.1) на МС Березники приходится на 22 октября. На метеостанциях Чермоз и Добрянка отрицательная температура наступает в среднем позже на 4 дня (26 октября). В сроках перехода температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  (табл. 1), можно отметить присутствие зональной зависимости. Вначале переход отмечается в северной части Камского водохранилища, затем похолодание распространяется на приплотинные южные участки.

В теплые годы, когда были возвраты тепла осенью, сроки перехода температуры воздуха через 0°C осенью наблюдались на 20-28 дней позже средних. Так, поздние даты перехода температуры воздуха через 0°C осенью на метеостанции Березники наблюдалась 11 ноября (1957, 1967, 2010 годы), на метеостанции Чермоз 22 ноября (1967 г.), на метеостанции Добрянка поздняя дата наблюдалась 18 ноября (2010 г.). Самыми теплыми были 1967 и 2010 годы.

В холодные годы, когда похолодание не нарушалось притоками тепла, даты перехода температуры воздуха через 0°C осенью наблюдались на 17-20 дней раньше средних. В такие годы переход наблюдался в период со 02 по 08 октября (табл. 1). На МС Березники ранняя дата перехода температуры воздуха через 0°C наблюдалась 02 октября (1982 г.). Далее похолодание распространялось на нижерасположенные участки Камского водохранилища 08 октября (МС Чермоз и МС Добрянка). Самыми холодными были 1984 и 2015 годы.

Анализ дат показывает, что вначале первый лед появляется в мелководных заливах (29-30 октября) г/п Нижние Шалыги и Майкор соответственно (табл. 2). Затем ледовые явления появляются на верхнем участке Камского водохранилища г/п Березники (31 октября) и затем распространяются на все нижерасположенные участки. Позднее всего ледовые явления появляются на г/п Добрянка (08 ноября), находящимся в зоне влияния сбросов подогретых вод Пермской ГРЭС и на приплотинном участке г/п Камская ГЭС (15 ноября), имеющем наибольший теплозапас.

Установление ледостава происходит в той же последовательности, как и появление ледовых явлений. Вначале 3 ноября замерзают мелководные заливы (г/п Майкор, Нижние Шалыги) (табл. 2). Затем установление ледостава происходит с северных участков (5-6 ноября), имеющих наименьший теплозапас на южные участки (15-20 ноября), более глубоководные и теплые.

Таблица 2

Среднемноголетние (1956-2017 гг.) сроки замерзания Камского водохранилища

Гидрологический пост	D0°C	Для	Длдст	T <sub>1</sub> , сут	T <sub>2</sub> , сут	Тля
Камское-Березники	22 окт	31 окт	6 ноя	9	15	6
Камское-Усть-Пожва	26 окт	01 ноя	5 ноя	6	10	4
Камское-Майкор	26 окт	30 окт	3 ноя	4	8	4
Камское-Чермоз	26 окт	03 ноя	9 ноя	8	14	6
Камское-Висим	26 окт	04 ноя	8 ноя	9	13	4
Камское-Усть-Кемаль	26 окт	06 ноя	9 ноя	11	14	3
Камское-Ильинский	26 окт	04 ноя	10 ноя	9	15	6
Камское-Добрянка	26 окт	08 ноя	15 ноя	12	19	7
Камское-КамГЭС	26 окт	15 ноя	20 ноя	20	25	5
Камское-Ниж.Шалыги	26 окт	29 окт	3 ноя	3	8	5
Камское-Троица	26 окт	09 ноя	12 ноя	14	17	3

$D0^{\circ}\text{C}$  – дата устойчивого перехода температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  к отрицательным значениям осенью;  $D_{ля}$  – дата появления устойчивых ледовых явлений;  $D_{лдст}$  – дата установления устойчивого ледостава;  $T_1$ , сут – период от даты перехода температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  до даты появления устойчивых ледовых явлений;  $T_2$ , сут – период от даты перехода температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  до даты установления ледостава;  $T_{ля}$  – период с ледовыми явлениями осенью.

Анализ продолжительности периода до появления ледовых явлений показал, что самый непродолжительный период (3-4 дня) от даты перехода температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  до появления первых ледовых явлений в мелководных заливах. Как правило мелководные заливы выхолаживаются быстрее, т.к. имеют небольшой объем водных масс, которые быстро выхолаживаются. Тогда как самый продолжительный период охлаждения (20 дней) наблюдается на приплотинном участке. Данный участок имеет наибольшие глубины и самый большой объем водных масс, что сказывается на продолжительности охлаждения вод и появления первых ледовых явлений. Продолжительность периода от даты перехода температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  до установления ледостава изменяется по акватории Камского водохранилища также как продолжительность периода до появления ледовых явлений (табл. 2), и в среднем составляет 3-7 дней.

#### Выводы

В сроках перехода температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  замечено присутствие зональной зависимости. Вначале переход отмечается в северной части Камского водохранилища, затем похолодание распространяется на приплотинные южные участки. Дата появления ледовых явлений на гидрологических постах Камского водохранилища в среднем наступает в период 29 октября - 9 ноября, сам период с начала образования ледовых явлений до установления ледостава длится 3-7 дней. Образование устойчивого ледостава происходит с 03-20 ноября. Период от даты перехода температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  осенью до установления ледостава длится от 8 до 25 дней. Прослеживается влияние теплосодержания водных масс разных участков на сроки замерзания акватории Камского водохранилища. Как правило мелководные участки замерзают быстрее глубоководных.

#### Список литературы

1. Агафонова С.А., Фролова Н.Л. Особенности ледового режима рек бассейна Северной Двины // Водные ресурсы. 2007. №2. С. 141-149.
2. Агафонова С.А. Особенности ледового режима рек арктической зоны Западной Сибири // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии. М.: Институт водных и экологических проблем СО РАН, 2017. С. 141-149.
3. Боровская Р.В. Особенности ледового режима Керченского пролива за последние 15 лет по данным спутниковых наблюдений // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2006. №14. С. 253-258.
4. Борщ С.В., Гинзбург Б.М. Экстремально позднее замерзание рек Европейской территории России зимой 2006/07 г. и потепление климата // Метеорология и гидрология. 2009. №6. С. 86-93.

5. Бузин В.А., Шилов Д.В., Дьяченко Н.Ю. Прогнозирование опасных ледовых явлений на реке Нева // Метеорология и гидрология. 1997. №8. С. 87-94.
6. Василенко А.Н. Современный и будущий ледовый режим рек арктической зоны России // III Виноградовские чтения «Грани гидрологии». СПб.: Научно-технические технологии, 2018. С. 25-29.
7. Глотов В.Е., Глотова Л.П., Ушаков М.В. Тектонический контроль ледового режима водотоков Верхней Колымы // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология. 2017. №3. С. 31-40.
8. Голубев В.Н., Фролов Д.М. Оценка весенней заторопоопасности на реках севера России по данным о термическом режиме зимнего сезона и особенностях снегонакопления // Макарьева О.М. III Виноградовские чтения «Грани гидрологии». СПб.: Научно-технические технологии, 2018. С. 35-38
9. Гуревич Е.В. Влияние температуры воздуха на зимний сток рек (на примере бассейна р. Алдан) // Метеорология и гидрология. 2009. №9. С. 92-99.
10. Калинин В.Г. Особенности пространственной и временной динамики формирования ледовых явлений на Камском водохранилище: автореф. дис. ... д-р. геогр. Наук / Калинин В.Г. Пермь, 1993. 16 с.
11. Калинин В.Г. О выборе необходимой продолжительности периода наблюдений ледового режима рек / Калинин В.Г., Н.А. Трофимов // Метеорология и гидрология. 2001. №8. С. 78-88.
12. Калинин В.Г., Микова К.Д. О зависимостях сроков наступления ледовых явлений и критериях их оценки (на примере Камских водохранилищ) // Метеорология и гидрология. 2006. №12. С. 96-100.
13. Крапивная С.А., Гордеева Е.Ю, Агофонов И.С. К вопросу о формировании толщины льда на реке Иртыш // Техника и технологии строительства. 2019. №3. С. 10-15.
14. Литвинов П.В., Дмитриева В.А. Формирование ледового режима рек Верхнего Дона в современных климатических условиях // Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы. Воронеж: Цифровая полиграфия. 2019. С. 448-452.
15. Махинов А.Н., Ким В.И., Шмигирилов С.А. Строение льда и ледового покрова реки Амур в нижнем течении на участках разветвленного русла // Водные ресурсы. 2017. №44. С. 432-441.
16. Попов С.Н., Старостин Н.П., Кондаков А.С. Интенсификация нарастания толщины ледяного покрова на реках для создания ледяных переправ // Наука и образование. 2008. №1. С. 40-43.

**ОСОБЕННОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДООХРАННЫХ ЗОН НА ОЗЕРАХ  
(НА ПРИМЕРЕ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ)**

*Димиева Елена Станиславовна  
Пермский государственный национальный  
исследовательский университет,  
бакалавр 4 года обучения, г. Пермь  
E-mail: [helend18as@gmail.com](mailto:helend18as@gmail.com)  
Научный руководитель,  
ст. преподаватель кафедры гидрологии  
и охраны водных ресурсов ПГНИУ, г.Пермь  
Шайдулина Аделия Александровна  
E-mail: [Adelinash89@mail.ru](mailto:Adelinash89@mail.ru)*

**FEATURES OF DETERMINATION OF WATER PROTECTION ZONES ON LAKES  
(ON THE EXAMPLE OF THE CHELYABINSK REGION)**

*Dimieva Elena  
Perm State University, bachelor of 4 years of study, Perm  
E-mail: [helend18as@gmail.com](mailto:helend18as@gmail.com)  
Scientific adviser  
Adeliya Shaydulina  
senior lecturer Department of Hydrology  
and water resources protection  
Perm State University, Perm*

**Аннотация**

Для регулирования воздействия на водные объекты на законодательном уровне созданы особые участки по берегам, в которых ограничено негативное влияние человека – водоохранные зоны. Рассмотрена нормативная база и принципы выделения водоохранных зон на разных водных объектах. Основное внимание уделено критериям выделения водоохранных зон озер. Представлены механизм и результаты выделения водоохранных зон на примере двух озер Челябинской области – Аргаяш и Касарги, с учетом критериев площади акватории и рыбохозяйственной ценности.

Ключевые слова: озеро; морфометрические параметры; водоохранная зона.

**Abstract**

To regulate the impact on water bodies at the legislative level, special areas along the banks have been created, in which the negative human impact is limited - water protection zones. The regulatory framework and principles of allocation of water protection zones on different water bodies are considered. The main attention is paid to the criteria for identifying water protection zones of lakes. The mechanism and results of allocation of water protection zones are presented on



the example of two lakes of the Chelyabinsk region - Argayash and Kasargi, taking into account the criteria of the area of the water area and the fishery value.

Keywords: lake; morphometric parameters; water protection zone.

Водные ресурсы являются неотъемлемой частью жизни человечества. Грамотное использование и сохранение водных ресурсов – это важная задача как государства и предприятий, так и каждого отдельного человека. Для регулирования воздействия на водные объекты на законодательном уровне были созданы особые участки по берегам, в которых ограничено негативное влияние человека – водоохранные зоны. Сейчас происходит массовое установление и обновление водоохранных зон по всей России, от небольших озер до крупных рек и их бассейнов. В данной работе описываются принципы установления водоохранных зон на разных водных объектах. Поскольку основной целью работы является анализ особенностей выделения водоохранных зон озер, то объектами исследования являются два озера Челябинской области (Касарги и Аргаяш). Челябинская область является одним из «озерных краев» РФ. На ее территории располагается более 3000 озер различного размера. Озера здесь носят важный характер с точки зрения водопользования, поскольку являются источником водоснабжения, местом сброса сточных вод, из них осуществляют забор воды на нужды водоемких производств и пр.

Изучением озер Челябинской области занимались многие ученые, однако из всего многообразия работ особенного выделяются исследования М.А. Андреевой, С.Г. Захарова, А.В. Малаева и др [1-4, 7]. Исследования, выполненные под руководством М.А. Андреевой позволили установить особенности гидрологического режима озёр, характер влияния на него природных и антропогенных факторов, разработать расчётно-прогностические связи, которые нашли практическое применение. Многие выводы и рекомендации, которые были сделаны по результатам исследований, использовались научными и хозяйственными организациями при решении научно-практических задач. К тому же они послужили основой научно-прикладного справочника 11 тома Ресурсов поверхностных вод СССР [8]. На современном этапе обращает на себя внимание работы Захарова С.Г, Малаева А.В., которые занимаются исследованием экологического состояния озер региона, компонентами их водного баланса и др.

Ретроспективный анализ данных об изученности озер области показал отсутствие данных, относящихся к современному периоду. Основным источником сведений об озерах Челябинской области послужили Ресурсы поверхностных вод [8]. В них представлена информация по 91 озеру. Анализ их морфометрических особенностей показал, что большинство относится к небольшим по размеру и имеют длину менее 1км (42%), ширину также менее 1км (почти 67%) и объем от 0,1 до 1 км<sup>3</sup> (56% озер) [6]. Практически все из них и расположены в пределах всего лишь одного района (Октябрьский район) на востоке Челябинской области. Таким образом, большинство сведений устарело и не несет ценности с гидрологической точки зрения, ведь озера, как и другие водные объекты, изменяются с течением времени. Длина, ширина и любые морфометрические характеристики меняются не просто с годами, а в течении дней и даже нескольких часов. И данные, которым 50 лет и более являются не подходящими для характеристики состояния озер области на данный момент. Общая негативная ситуация, связанная с антропогенным влиянием на озера такова, что особую важность для сохранения водного потенциала области приобретают вопросы охраны

и грамотного использования озер. Специально для этого создаются особые охранные зоны. Далее рассмотрены принципы выделения водоохранных зон по видам водных объектов, для водных объектов одного генезиса и показан механизм выделения зон на примере 2-х озер Челябинской области.

Водоохранные зоны являются защитным буфером водных объектов, позволяя осуществлять хозяйственную деятельность на прибрежных территориях в рамках законодательства РФ. Основой выделения водоохранных зон служат различные нормативно-правовые акты. Они являются начальной точкой в работе по данному направлению. Возглавляет список Водный кодекс РФ, который служит фундаментальной основой установления водоохранных зон на разных водных объектах. Помимо этого, существует перечень нормативных актов, который создается при работе над зонами и направляется потом на согласование в различные инстанции.

Анализ нормативной базы показал, что основным документом, который регламентирует установление и выделение водоохранных зон является Водный кодекс РФ, а основными принципами – уклон и рыбохозяйственная ценность. Однако для водных объектов различных категорий есть свои особенности (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики, учитываемые при установлении размеров водоохранных зон на разных видах водных объектов

Водный объект	Характеристика для установления размера водоохранной зоны и прибрежной защитной полосы				
	Протяженность	Площадь	Уклон	Рыбоценность	Расположение
Река (ручей)	+	-	+	+	-
Водохранилище	-	+	+	+	+
Озеро	-	+	+	+	+
Море	Ширина водоохранной зоны моря составляет 500 метров (П.8 ВК РФ)				
Канал	Водоохранные зоны магистральных или межхозяйственных каналов совпадают по ширине с полосами отводов таких каналов (П.9 ВК РФ)				
Озеро Байкал	Границы водоохранной зоны озера Байкал устанавливаются в соответствии с Федеральным законом от 1 мая 1999 года N 94-ФЗ «Об охране озера Байкал» (П.7 КВ РФ)				

Анализ таблицы показал, что:

- есть объекты, для которых существуют особые условия, например, моря, для которых ширина зон всегда 500 метров. Для озера Байкал установление зон зарегистрировано федеральным законом. А для каналов зоны устанавливаются по правилам, отличным от других водных объектов;
- для всех водных объектов учитывается уклон, но в ВК РФ [5] прописано, что для водных объектов с особо ценным рыбохозяйственным значением учитывать уклон не нужно;

- существует явное отличие в определении зон у рек и озер. Для рек используется протяженность, а для озер учитывается площадь. Также важно его местоположение, так как согласно ВК РФ [5] для озер, расположенных внутри других водных объектов правила установления соответствуют правилам водного объекта, на котором они расположены;
- следуя описанным в Водном Кодексе [5] правилам: у озер, небольших водохранилищ, прудов и т.д. зоны могут не устанавливаться в том случае, когда площадь акватории менее 0,5 км<sup>2</sup>. У других водных объектов такого нет, и зоны устанавливаются в любом случае.

Более детально рассмотрены критерии выделения зон на озерах. К основным относятся расположение озера, рыбоценность и площадь акватории (рис. 1).



Рис. 1. Критерии выделения водоохранных зон на озерах

Механизм установления водоохранных зон состоит из трех основных этапов: Предварительные камеральные работы, полевые работы, окончательная обработка результатов. Самым важным параметром при установлении водоохранных зон является береговая линия, а точнее – среднемноголетний безледоставный уровень. На рис. 2. представлен механизм по установлению береговой линии. Существует 2 пути – если на озере существует гидрологический пост или его нет. В первом необходимая информация получается по запросу из отделов водных ресурсов региональных ЦГМС. Второй случай более сложный, поскольку отсутствуют утвержденные законодательно методики для выполнения расчетов уровня и следовательно – береговой линии. В данной работе одно озеро – Аргаяш, имеет гидрологический пост, и данные получены по нему. Для установления береговой линии озера Касарги использованы картографические материалы, в том числе космические снимки.

Озеро Касарги расположено в Сосновском районе Челябинской области на границе с Аргаяшским районом. Населенные пункты на берегах: Долгодеревенское, Касарги, Ключевка. Имеется множество баз отдыха и садовых участков, исходя из этого является местом бытовых сбросов. Для данного озера использован критерий площади. Другие критерии здесь неприменимы, поскольку озеро не является рыбоценным, уклон берегов больше 3 градусов, а площадь больше 0,5 км<sup>2</sup>. Следовательно ширина водоохраной зоны составила 50 метров.

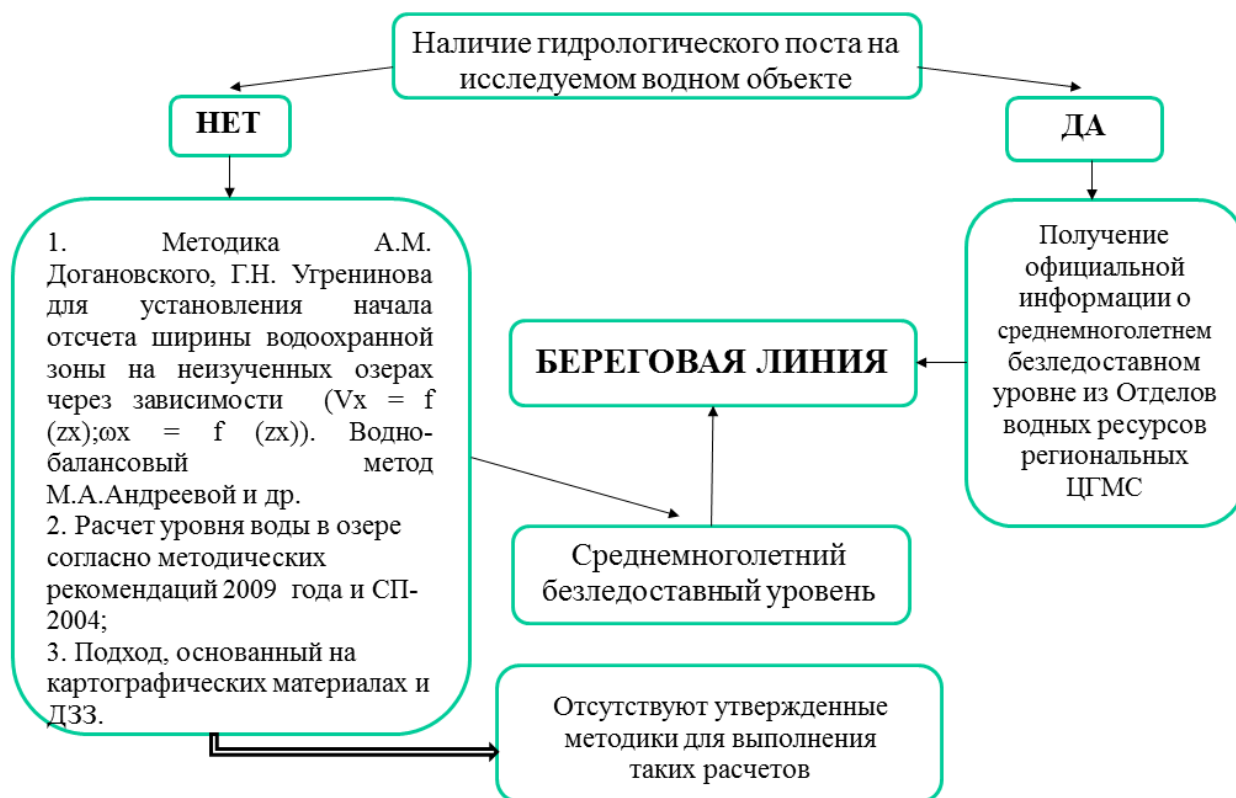


Рис. 2. Механизм установления береговой линии озер

Озеро Аргаяш — это небольшое озеро в Аргаяшском районе, в 40 километрах к северо-западу от областного центра. Населённые пункты на берегах: Аргаяш - Бажикеева и Норкино. Данное озеро служит местом дикого отдыха, также используется в рыбохозяйственных целях и является местом бытовых стоков из населенных пунктов на его берегах. Входит в перечень памятников природы регионального значения. Для озера Аргаяш выбран критерий рыбохозяйственной ценности, так по официальным данным озеро имеет особое рыбохозяйственное значение. Следуя ВК РФ уклон не важен. Следовательно, ширина зоны составляет 200 метров.

Таким образом, водоохранные зоны в работе выделены на примере двух озер области: Касарги и Аргаяш. В первом случае критерием выделения зон стала площадь акватории, а во втором случае – рыбохозяйственная ценность озера. В ходе работы были проанализированы данные по обоим озерам, представлены доказательства деления именно по выбранным категориям. Также составлены картографические материалы, показывающие, как зоны выглядят на спутниковых снимках и топографических картах.

Основными выводами по самим охранным зонам, можно считать следующие:

– Береговая линия является самым важным параметром, поскольку от нее откладываются зоны, в пределах которых установлены ограничения различных видов деятельности. Поэтому, при установлении береговой линии стоит пользоваться всеми картографическими материалами, которые имеются, будь то спутниковые карты в открытом доступе или же карты с различных специализированных ресурсов и др. При этом в нормативных документах не прописан конкретный масштаб или требуемое разрешение космических снимков для установления зон.

– Другим важным условием является правильное определение параметров водного объекта: площади (которая зависит от береговой линии), рыбохозяйственной ценности, уклона берегов, расположения водного объекта. К примеру, в случае с озерами от расположения напрямую зависит ширина зон, ведь если озеро – это часть другого водного объекта, то, несмотря на остальные параметры, его зоны совпадают с зонами водного объекта, на котором оно расположено. Также и с другими параметрами – если ошибиться в их определении, то работу придется переделывать и согласовывать несколько раз до окончательного варианта.

– Необходимо, следуя Водному кодексу РФ правильно установить размеры водоохранной зоны и расположенной внутри нее прибрежной защитной полосы. Водный кодекс подробно описывает критерии, и они были приведены выше и рассмотрены на примерах.

В конечном итоге, можно сказать о том, что выделение водоохранных зон озер является важным для их правильного использования, сохранения потенциала и обновления данных об изученности. Эти исследования последние годы носят массовый характер и становятся обязательными. С каждым годом все больше озер и других водных объектов попадают под охрану. Это способствует обновлению Государственного водного реестра и появлению в нем данных о морфометрических характеристиках, исследуемых объектов, которые обновляются или получают впервые при установлении водоохранных зон.

#### **Список литературы**

1. Андреева М. А. Озера Среднего и Южного Урала; Челябинск: Южно-Уральское кн. изд-во, 1973. 269 с.
2. Андреева М.А. Многолетние колебания уровней озер и их связь с формами атмосферной циркуляции; Вопросы географии Южного Урала. Челябинск, 1969. Вып. 3.
3. Андреева М.А. Гидрологический режим рек Челябинской области / Гидрометеорологический режим Южного Урала. Челябинск: ЧГПИ, 1983. С. 3-16.
4. Андреева М.А. О происхождении озер Челябинской области; Сб.статей по краеведению и истории географии. Челябинск, 1963.
5. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 01/01/20) // Собрание законодательства РФ. 05.06.2006. № 23. Ст. 2381.
6. Димиева Е.С., Шайдулина А.А. Озёра Челябинской области: степень изученности и основные характеристики / Сборник докладов международной научной конференции «Четвертые Виноградовские чтения. Гидрология от познания к мировоззрению» [Электронный ресурс]; Санкт-Петербург, 23-31 октября 2020 г. / под ред. О. М. Макарьевой. А.А.Землянковой – СПб.: ООО "Издательство ВВМ", 2020. С. 434-439. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_43309808\\_23676278.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_43309808_23676278.pdf)
7. Захаров С.Г. Озера Челябинской области. Учебное пособие. Челябинск: АБРИС, 2010. 127 с.
8. Ресурсы поверхностных вод СССР, т. 11 Средний Урал и Приуралье. Л.,1973. 848 с.

**МЕЖГОДОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ХАНТЫ-МАНСИЙСКЕ  
НА ФОНЕ СОВРЕМЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ**

*Лазунин Александр Алексеевич*  
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань  
Студент  
E-mail: alex.lazunin2014@yandex.ru

**INTERANNUAL CHANGES IN AIR TEMPERATURE IN KHANTY-MANSIYSK AGAINST THE  
BACKGROUND OF MODERN CLIMATE CHANGES**

*Alexander Lazunin*  
Kazan (Volga region) Federal University, Kazan  
Student course  
E-mail: alex.lazunin2014@yandex.ru

**Аннотация**

Работа направлена на детальное изучение регионального изменения температуры воздуха Ханты-Мансийска на фоне современных климатических изменений. За 1945 – 2017 гг. среднегодовая температура возросла на 2,4°C, что подтверждает глобальное потепление климата. Максимум среднегодовой температуры воздуха наблюдался в 1995 г. (1,7°C), а минимум – в 1969 г. (-4,1 °C). В холодный период величина среднего квадратического отклонения максимальна, достигает значений 4,5 с декабря по февраль, а в теплый период – минимальна.

Ключевые слова: температура воздуха, Ханты-Мансийск, изменения климата.

**Abstract**

The work is aimed at a detailed study of regional changes in air temperature in Khanty-Mansiysk against the background of modern climate changes. For 1945 – 2017, the average annual temperature increased by 2.4°C, which confirms the global warming of the climate. The maximum average annual air temperature was observed in 1995 (1.7°C), and the minimum – in 1969 (-4.1 °C). In the cold period, the value of the average square deviation is maximum, reaching values of 4.5 from December to February, and in the warm period – the minimum.

Keywords: air temperature, Khanty-Mansiysk, climate change.

С начала XX столетия в атмосфере Земли наблюдается повышение температуры воздуха, которая достаточно значительно усилилась с 70-х годов этого столетия. В данный момент можно судить о том, что это повышение не было монотонным [1, 2]. Периоды устойчивого роста глобальной температуры менялись и с периодами похолодания. Так же температурные изменения по-разному проявляли себя в разные месяцы сезонов года. Глобальное потепление происходит не повсеместно, может в разных регионах быть даже похолодание.

По мнению большинства исследователей, рассматривающих данную проблему, выделяют несколько причин данной проблемы, а именно: антропогенный фактор и естественный [2, 3].

Данная работа направлена на детальное изучение регионального изменения температуры воздуха в условиях глобального потепления климата.

*Цель работы* заключается в исследовании тенденции изменения температуры воздуха на территории Ханты-Мансийска.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Сбор данных на данной территории их подготовка для дальнейшей обработки.
2. Восстановление пропусков в исходных данных, их обработка, вычисление всех необходимых величин на ст. Ханты-Мансийск.
3. Полный анализ результатов исследования, нахождение определенных зависимостей и их доказательств путем сопоставления всех собранных сведений.

В качестве исходных данных использованы данные приземных метеорологических наблюдений банка данных ВНИИГМИ – МЦД (г. Обнинск) ст. Ханты-Мансийск по температуре воздуха за период с 1945 по 2017 гг.

Рассмотрим межгодовые изменения температуры воздуха на ст. Ханты-Мансийск. Для выделения систематической составляющей изменений температуры для всех месяцев года были построены линейные тренды:

$$y(\tau) = \alpha\tau + b \quad (1)$$

где  $y(\tau)$  - сглаженное значение температуры воздуха на момент времени  $\tau$  ( $\tau = 1, 2, 3, \dots, n$ );  $\alpha$  – угловой коэффициент наклона линии тренда (КНЛТ), характеризует скорость изменения температуры;  $b$  – свободный член (начальное значение линии тренда). Положительное значение коэффициента  $\alpha$  указывает на рост температуры (потепление климата), а отрицательное – на похолодание климата [4, 5].

Расчеты показали, что наиболее значительные положительные изменения температурного режима происходят в марте и ноябре. Величина КНЛТ меняется незначительно (в пределах 0,4 – 6,36°C/год) соответственно величина  $R^2$  принимает значения 0,2 - 15,2%, что свидетельствует о статистической значимости повышения температуры (табл. 4). В феврале численные значения величины КНЛТ несколько выше, чем в январе (от 3,4°C до -1,3°C) Пространственной закономерности в распределении КНЛТ не прослеживается (табл. 4). В теплый период величина КНЛТ заметно ниже, чем в холодный. Следует отметить, что в августе, сентябре и январе значения КНЛТ отрицательны, что указывает на понижение температуры воздуха. Особенно велики значения этого параметра в марте (величина КНЛТ составила 6,36°C). Отметим, что в мае и июне температура воздуха имеет тенденцию к повышению. В целом за год наблюдается четко выраженный положительный тренд.

Более подробно остановимся на рассмотрении многолетних изменений среднемесячной температуры воздуха (СМТВ) для центральных месяцев сезонов года (рис. 1, табл. 1 и 2).

В январе – самом холодном месяце года СМТВ составила -19,7 °С. Максимум СМТВ был отмечен в 2007 г. (-10,1 °С), а минимум наблюдался в 1972 г. (-30,7 °С).

В апреле – центральном месяце весны СМТВ составила -0,6 °С. Максимум СМТВ был отмечен в 1995 г. (7,3 °С), а минимум наблюдался в 1984 г. (-8,6 °С).

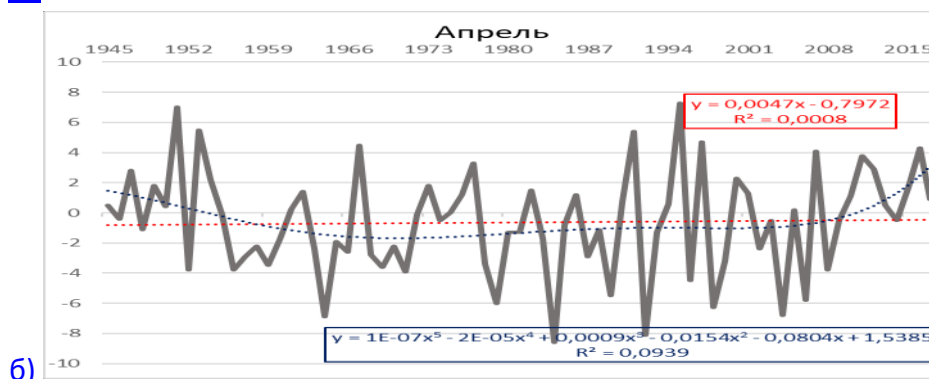
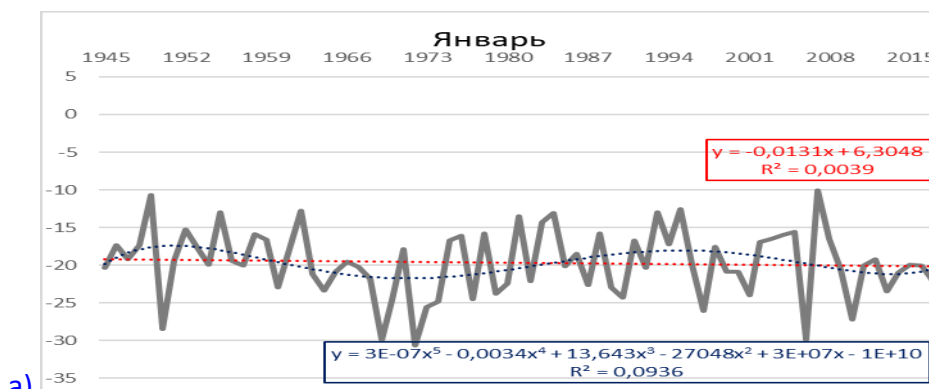
В июле – самом жарком месяце года СМТВ составила 18 °С. Максимум СМТВ был отмечен в 1989 г. (21,4 °С), а минимум наблюдался в 1997 г. (13,3°С).

В октябре – центральном месяце осени СМТВ составила -0,5 °С. Максимум СМТВ был отмечен в 2005 г. (4,2 °С), а минимум наблюдался в 1976 г. (-7,8 °С).

Таблица 1

Характеристика линейного тренда средних температур

Показатели	Параметр	Значение			
		Январь	Апрель	Июль	Октябрь
Параметр тренда	a1	-0,013	0,005	0,004	0,022
Свободный член	a0	6,305	-0,797	17,881	-43,923
Коэффициент корреляции	r	0,140	-0,124	0,161	0,018
Коэффициент детерминации	R2	0,004	0,001	0,002	0,034
СКО	$\sigma$	4,460	3,445	1,896	2,541
Дисперсия	D	20,162	12,019	3,579	6,534
Количество членов ряда	N	72	72	72	72





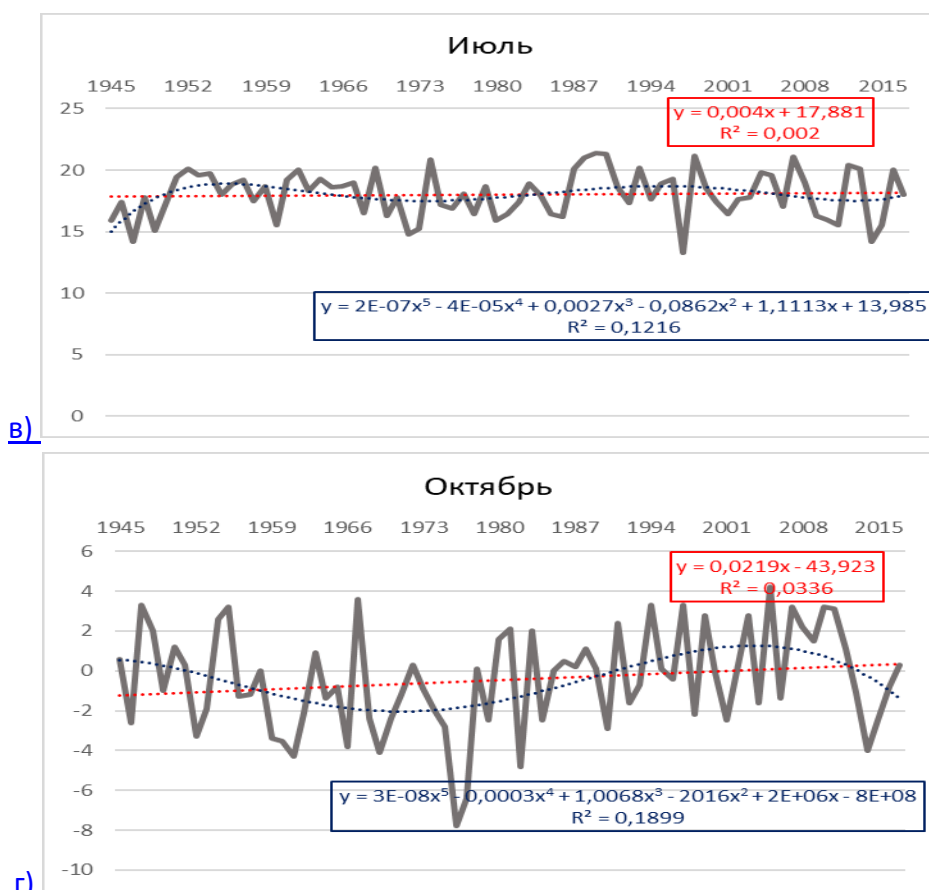


Рис.1. Многолетний ход среднемесячной температуры воздуха (°С) на ст. Ханты-Мансийск (1945-2017 гг.): а) январь, б) апрель, в) июль, г) октябрь

Для оценки межгодовой изменчивости температуры, обусловленной действием циркуляции атмосферы, облачности и т.д. рассчитывались по среднемесячным температурам значения ее среднеквадратических отклонений (СКО). Величина СКО имеет хорошо выраженный годовой ход. В холодный период величина СКО максимальна, достигает значений 4,5 с декабря по февраль. В теплый период СКО минимальна (табл. 2).

Таблица 2

Средняя месячная и годовая температура воздуха (°С) на станции Ханты-Мансийск за 1945 – 2017 гг.

Характеристика	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средняя	-19,7	-17,9	-9,2	-0,6	7,1	14,5	18,0	14,4	8,1	-0,5	-10,9	-17,1
Минимум	-30,7	-28,0	-19,7	-8,6	1,1	8,8	13,3	10,9	3,9	-7,8	-22,0	-28,4
Год	1972	1966	1960	1984	1969	1960	1997	1996	1972	1976	1968	1968
Максимум	-10,1	-7,1	-3,0	7,3	12,3	20,1	21,4	19,2	13,0	4,2	-2,6	-10,0
Год	2007	1995	1989	1995	1962	2012	1989	2003	1957	2005	2013	2003
СКО, мес.	4,5	4,5	3,7	3,4	2,3	2,3	1,9	1,9	2,0	2,5	4,3	4,5

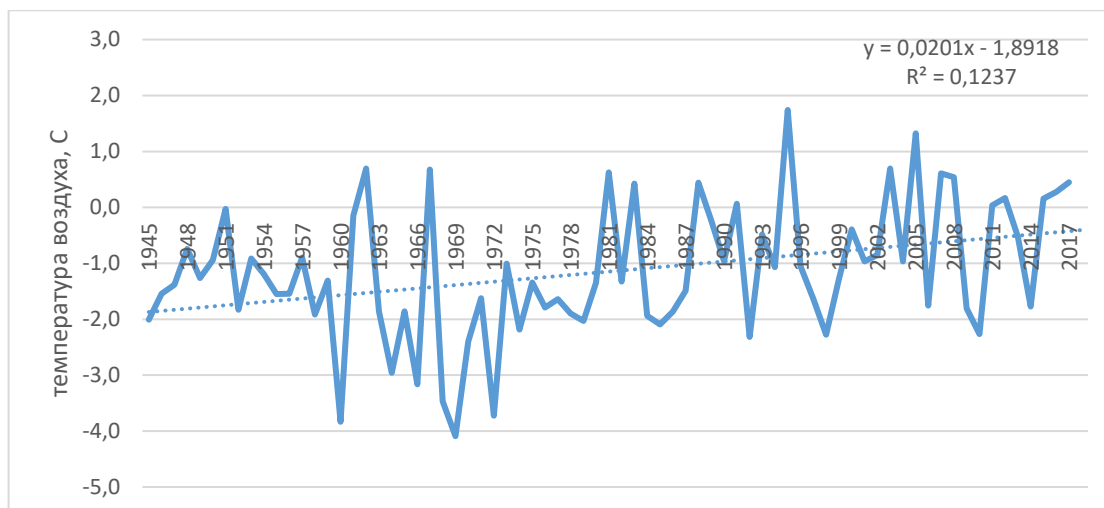


Рис. 2. Многолетние изменения средней годовой температуры воздуха (°С) с 1945 по 2017 гг.

По графику многолетнего изменения средней годовой температуры (СГТВ) воздуха за 72 года (рис. 2) видно, что имеется линейное повышение температуры за весь период исследования. Как видно из рис. 2, в 1945 году температура была  $-2^{\circ}\text{C}$ , а через 72 года в 2017 году температура составляла значение  $0,4^{\circ}\text{C}$ . Таким образом, среднегодовая температура возросла на  $2,4^{\circ}\text{C}$  за 1945 – 2017 гг., что подтверждает глобальное потепление климата. Максимум СГТВ наблюдался в 1995 г. ( $1,7^{\circ}\text{C}$ ), а минимум – в 1969 г. ( $-4,1^{\circ}\text{C}$ ).

На основании проделанной работы можно сформулировать следующие выводы:

1. За 72 года среднегодовая температура возросла на  $2,4^{\circ}\text{C}$ , что подтверждает глобальное потепление. Максимум СГТВ наблюдался в 1995 г. ( $1,7^{\circ}\text{C}$ ), а минимум – в 1969 г. ( $-4,1^{\circ}\text{C}$ ).
2. В январе – самом холодном месяце года СМТВ составила  $-19,7^{\circ}\text{C}$ . Максимум СМТВ был отмечен в 2007 г. ( $-10,1^{\circ}\text{C}$ ), а минимум наблюдался в 1972 г. ( $-30,7^{\circ}\text{C}$ ).
3. В апреле – центральном месяце весны СМТВ составила  $-0,6^{\circ}\text{C}$ . Максимум СМТВ был отмечен в 1995 г. ( $7,3^{\circ}\text{C}$ ), а минимум наблюдался в 1984 г. ( $-8,6^{\circ}\text{C}$ ).
4. В июле – самом жарком месяце года СМТВ составила  $18^{\circ}\text{C}$ . Максимум СМТВ был отмечен в 1989 г. ( $21,4^{\circ}\text{C}$ ), а минимум наблюдался в 1997 г. ( $13,3^{\circ}\text{C}$ ).
5. В октябре – центральном месяце осени СМТВ составила  $-0,5^{\circ}\text{C}$ . Максимум СМТВ был отмечен в 2005 г. ( $4,2^{\circ}\text{C}$ ), а минимум наблюдался в 1976 г. ( $-7,8^{\circ}\text{C}$ ).
6. В холодный период величина СКО максимальна, достигает значений 4,5 с декабря по февраль. В теплый период СКО минимальна.

#### Список литературы

1. Гребенюк Г.Н., Ходжаева Г.К. Метеорология и климатология: Учебно-практическое пособие. — Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гуманит. ун-та, 2012. — 180 с.
2. Пиловец Г.И. Метеорология и климатология учеб. пособие/ Г.И. Пиловец. - Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2015. – 339 с.

3. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М. Оценка современных изменений температуры воздуха и скорости ветра в тропосфере северного полушария // Метеорология и гидрология. – 2014. - № 10. – С. 19 – 31.

4. Переведенцев Ю.П. Климат и окружающая среда Приволжского федерального округа / Ю.П. Переведенцев, М.А. Верещагин, К.М. Шанталинский, Э.П. Наумов, В.В. Соколов [и др.]; науч. ред. Ю.П. Переведенцев. – Казань: Казан. ун-т, 2013. – 300 с.

5. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Важнова Н.А. Пространственно-временные изменения основных показателей температурно-влажностного режима в Приволжском федеральном округе/ Ю.П. Переведенцев, К.М. Шанталинский, Н.А. Важнова// Метеорология и гидрология. - 2014. №4. - С. 32-48.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПРОГРАММ  
ДЛЯ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВОДЫ\*\***

*Ларченко Александра Андреевна  
НИЛ биогеохимии техногенных ландшафтов, г. Пермь  
larchenko.aleksa@mail.ru*

**USING OF SPECIALIZED PROGRAMS  
FOR CHEMICAL ANALYSIS OF WATER**

Larchenko Aleksandra  
Natural Science Institute, Perm

**Аннотация**

Верхнекамское месторождение является уникальным в России по запасам калийно-магниевых солей. Накопленные солесодержащие отходы оказывают негативное влияние на окружающую среду, что проявляется в изменении химического состава рек. Для оценки степени трансформации химического состава рек под влиянием калийной промышленности были отобраны пробы вод рек Сюзьева и Ленва с различной интенсивностью воздействия, проведён химический анализ вод и обработка результатов в специализированной программе Aq\*QA.

Ключевые слова: Верхнекамское месторождение; калийные соли; водорастворимые соли; химический анализ; программа Aq\*QA.

**Annotation**

The Verhnekamskoe Potash Deposit is the unique field in Russia in terms of reserves of potassium and magnesium salts. Accumulated salty waste has a negative impact on the entire environment, that results in the chemical composition of rivers. To assess the degree of transformation of the chemical composition of rivers under the influence of the potash industry samples of the waters of the Syuzva and Lenva rivers were taken. After that the chemical analysis was carried out and results was proceeded in the specialized program Aq \* QA.

Key words: Verhnekamskoe Potash Deposit; potassium salts; water-soluble salts; chemical analysis; Aq\*QA program

Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей, расположенное в пределах Красновишерского, Чердынского, Соликамского городских округов, а также округа «город Березники», является уникальным в России. Оно занимает первое место в России по запасам калийных солей (90% всех запасов в стране) и второе в мире. Вместе с калийными, здесь сосредоточены запасы каменной соли (около половины общероссийского показателя). Месторождение приурочено к центральной части Соликамской впадины Предуралья Краевого прогиба. Калийная залежь с сильвинитовыми и карналлитовыми пластами средней мощностью чуть более 70 м находится внутри соляной толщи Кунгурского яруса [4].

---

\*\* Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ, проект № 2019-0858

В недрах Верхнекамского месторождения сосредоточено 13,2 млрд. т калийно-магниевых солей категорий А+В+С<sub>1</sub> и более 90 млрд. т категории С<sub>2</sub>, запасы каменной соли составляют 0,91 млрд. т категорий А+В+С<sub>1</sub> и более 1,16 млрд. т категории С<sub>2</sub> [6].

Разработка месторождений на территории Березниковско-Соликамской агломерации сопровождается накоплением отходов с высоким содержанием солей NaCl, KCl и др. Дренажные воды солеотвалов и шламохранилищ поступают в подземные и поверхностные воды, вызывая их засоление.

Объектом настоящего исследования являются поверхностные воды на территории Верхнекамского месторождения. Целью исследования является изучение трансформации поверхностных вод в результате воздействия калийной промышленности. Основные методы исследования – полевой, лабораторный, графоаналитический при помощи программы Aq\*QA.

Программа Aq\*QA разработана компанией RockWare, она позволяет проанализировать результаты химического анализа воды. В основной таблице можно автоматически конвертировать единицы измерения, проверить их внутреннюю согласованность, посчитать ионный баланс, определить тип воды и построить диаграммы химического состава воды для наглядного представления результатов [1].

Возможности программы были использованы для сравнительного анализа результатов химического анализа воды р. Ленва и р. Сюзьва. Река Ленва, длина которой составляет 21 км, относится к Камскому бассейновому округу, протекает по территории Пермского края, в основном, муниципального образования «город Березники», и впадает в Камское водохранилище (рис. 1). Поверхность бассейна реки представляет собой всхолмленную равнину с разностями высот 20-50 м. Поверхность бассейна в основном залесена, подвержена техногенным воздействиям. В пределах речной долины Ленвы находятся солеотвал и шламохранилища БКПРУ-2 и БКПРУ-3 ОАО Уралкалий. Средняя глубина реки в верхнем течении изменяется от 0,05-0,1 м в период межени до 0,2-0,3 м в период весеннего половодья и дождевых паводков.

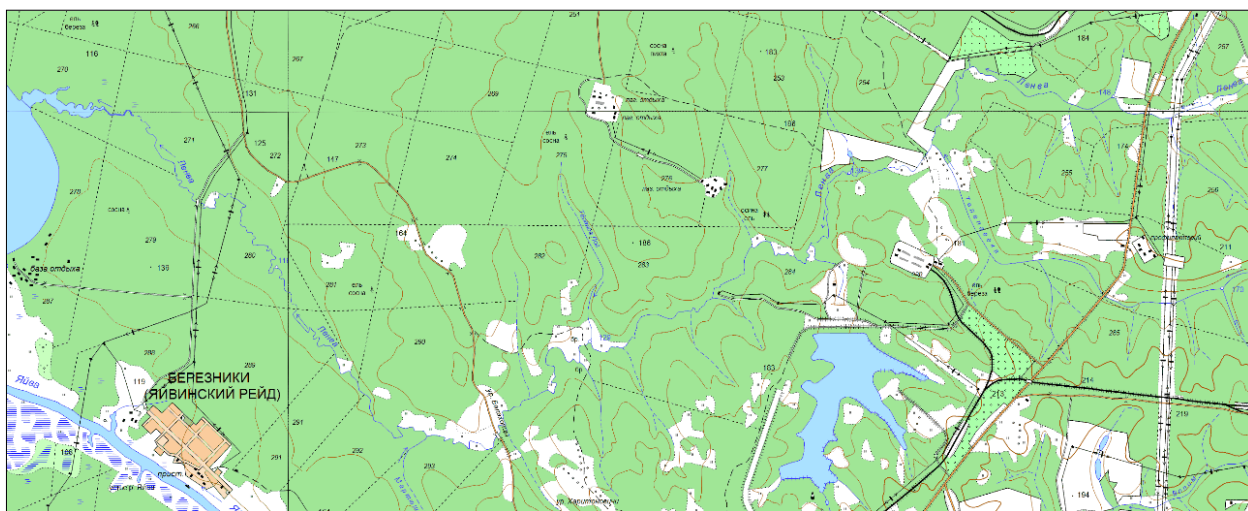


Рис. 1. Расположение р. Ленва

Река Сюзьва (рис. 2) является правым притоком р. Яйва. Она протекает в зеленых долинах, имеет типичный равнинный характер, расположена вдали от объектов добычи калийных солей. По особенностям водного режима относится к типу рек с четко выраженным высоким весенним половодьем, низкой, прерываемой дождевыми паводками, летне-осенней меженью и длительной устойчивой зимней меженью.



Рис. 2. Расположение р. Сюзьва

В ходе полевых работ были отобраны 11 проб: 9 проб в р. Ленва, 2 – в р. Сюзьва. Химический состав вод определялся методом капиллярного электрофореза на Капель-105.  $pH$  водной вытяжки,  $HCO_3^-$  и сухой остаток были определены титрованием. Получены данные о содержании 11 ионов: гидрокарбоната, сульфата и других. Помимо этого, получены результаты о сухом остатке. Работы были проведены трижды – в июне 2019 г., в феврале 2020 г. и весной 2020 г.

В начале работы в программе Aq\*QA определен тип воды для каждой из 17 проб, расположенных равномерно по всей длине реки (табл. 1).

Согласно полученным результатам, воды р. Ленва характеризуются Na-Cl составом и  $pH$ , близким к нейтральному. Для вод р. Сюзьва характерен Ca- $HCO_3$  состав, нейтральный и щелочной  $pH$ .

Таблица 1

## Химический состав вод рек Сюзьва и Ленва

Порядк. номер	Река	Дата отбора	рН	Содержание ионов, мг/дм <sup>3</sup>										Сухой остаток мг/дм <sup>3</sup>	Тип воды
				HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Fe		
1	Сюзьва	02.2020	7,85	61,1	6,92	5,85		0,89	16,8	3,23	5,16	0,57	0,158	213	Ca-HCO <sub>3</sub>
2	Ленва	02.2020	7,16	168	256	13850			1334	329		2035	1,74	24800	Ca-Cl
3	Ленва	02.2020	7,22	144	179	9397			1053	261	3741	1457		17900	Na-Cl
4	Ленва	02.2020	7,34	211	50,8	2374		1,11	518	116	748	72,8		4970	Na-Cl
5	Ленва	02.2020	7,12	180	277	15650			1371	342		2385	2,61	23500	Ca-Cl
6	Ленва	06.2019	6,66	130	141	8359		<0,20	954	196	2895	1209	<0,05	14800	Na-Cl
7	Сюзьва	05.2020	6,9	60	3,8	26,6	0,24	<0,2	12,5	1,7	17,5	3,8	0,51	172	Na-HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
8	Ленва	05.2020	7,4	172	140	6800	0,25	<0,2	850	160	2600	1000	2,95	12460	Na-Cl
9	Ленва	05.2020	7,4	151	119	5400	0,46	0,36	730	127	2000	760	1,19	10080	Na-Cl
10	Ленва	05.2020	7,5	184	79	5100	<0,2	<0,2	1200	192	1500	144	<0,05	9740	Na-Cl
11	Ленва	05.2020	7,4	214	147	7200	<0,2	<0,2	830	153	2700	1000	0,78	13400	Na-Cl

В Ленве преобладают воды, относящиеся к хлоридному классу натриевой группы (7 проб). В двух случаях – к хлоридному классно кальциевой группы, по одному случаю – гидрокарбонатному классу кальциевой и натриевой группы. Преобладание хлоридного класса объясняется поступлением дренажных вод шламохранилищ и солеотвалов калийных предприятий.

После заполнения основной таблицы возможно построение различных графиков. В рамках данной работы построены две диаграммы: Дурова и Пайпера. Стоит отметить, что на диаграмме Дурова отображаются значения водородного показателя и абсолютные показатели содержания ионов.

Сдвоенная треугольная диаграмма Дурова (рис. 3) сочетает в себе график-квадрат Толстихина и треугольники катионного и анионного состава, которые примыкают к осям абсцисс и ординат. На колонках-диаграммах состав катионов (левая часть колонки) и анионов (правая часть колонки) вычерчивается в виде отдельных участков, пропорциональных по длине содержащих соответствующих ионов в %-экв. Катионы и анионы располагаются в порядке относительной реактивной силы: катионы  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$ ; анионы  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$  [5].

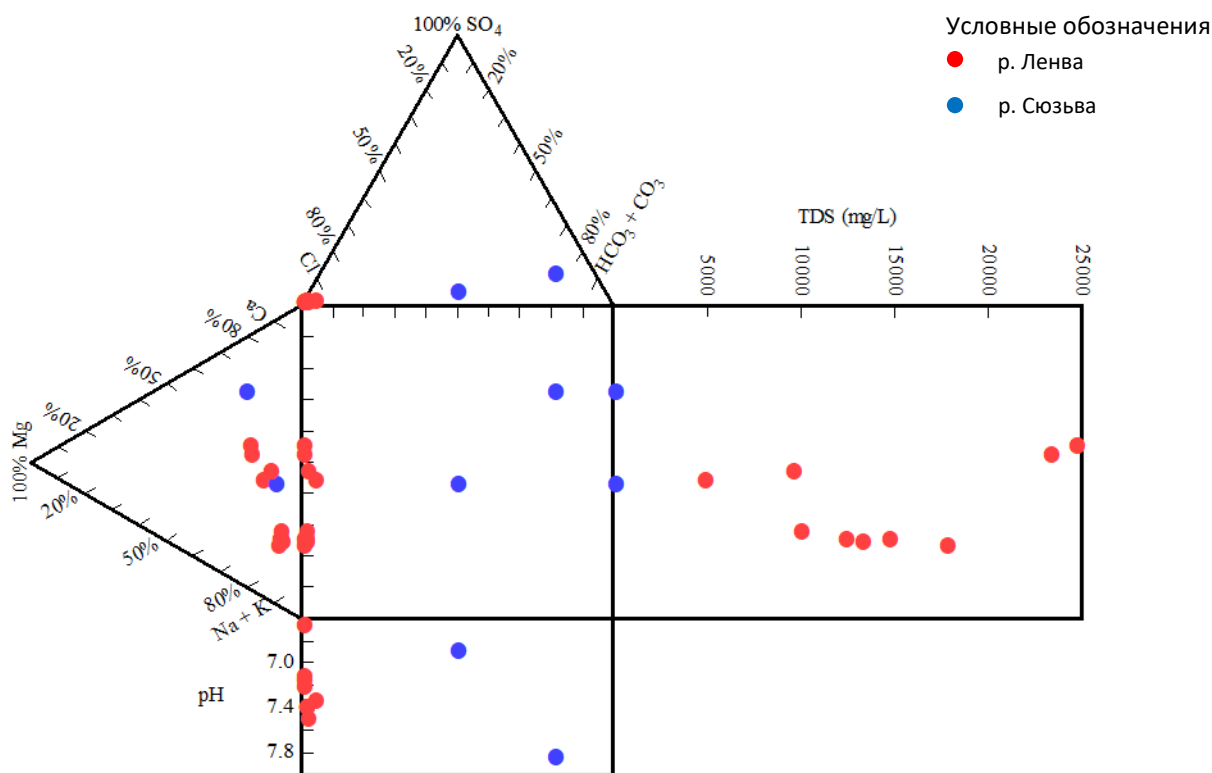


Рис.3. Диаграмма Дурова

Диаграмма Пайпера (рис. 4) используется в качестве графического представления химических элементов в пробах воды при гидрологических исследованиях. На графике учитываются процентные значения шести ионных групп: катионов кальция, магния и натрия плюс калия, а также сульфатные, хлоридные и карбонатные плюс гидрокарбонатные анионы [2].



Диаграмма состоит из двух треугольников, соответствующих катионам и анионам, и один ромб, который суммирует оба треугольника. Левый треугольник представляет катионы, а правый – анионы. Основой катионного треугольника является ось для кальция, левая сторона для магния и правая для натрия плюс калия. В зависимости от местоположения образца могут быть идентифицированы гидрохимические фации [3].

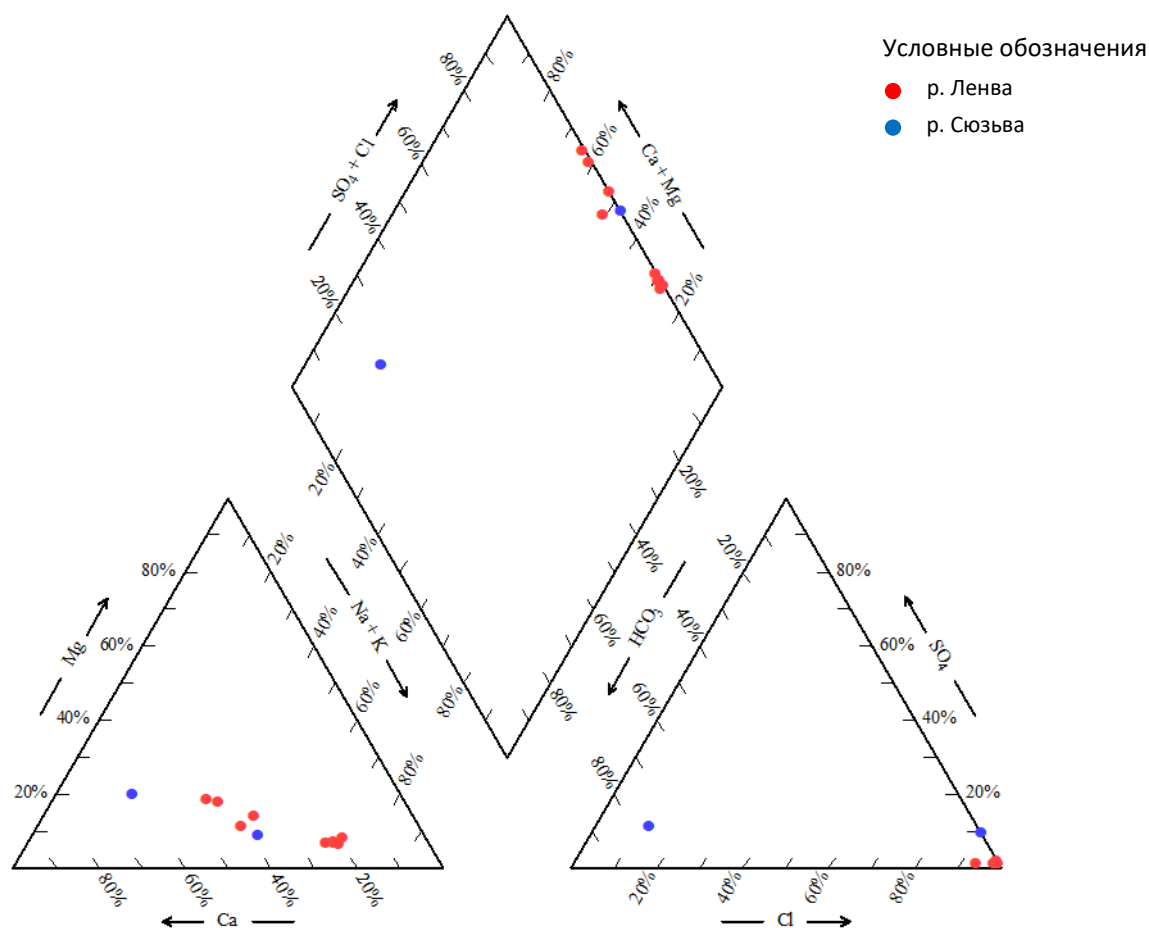


Рис.4. Диаграмма Пайпера

Из-за нахождения в долине р. Ленва отходов калийной промышленности для её вод характерна трансформация химического состава, которая наглядно видна графиках (рис. 3, рис. 4.). Высокий уровень хлоридного загрязнения сопровождается повышенным содержанием  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ . Воды Na-Cl контактируют с почвами, что приводит к вымыванию кальция и увеличения его доли в воде, а высокие содержания  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  характерны для отходов калийного производства.

Таким образом, использование специализированной программы позволяет считать множество показателей для химического анализа воды и наглядно представлять его результаты.

### Список литературы

1. A User's Guide to RockWare. Aq•QA. Version 1.5
2. Piper Diagram [электронный ресурс] // Официальный сайт программного обеспечения OriginLab URL: <https://www.originlab.com/> (дата обращения: 18.08.2020)
3. What is a Piper diagram for water chemistry analysis and how to create one? [электронный ресурс] // Hatarilabs. Water Resources and Numerical Modeling URL: <https://www.hatarilabs.com/> (дата обращения: 19.08.2020)
4. Верхнекамское месторождение солей [электронный ресурс] // электронная энциклопедия «Пермский край». URL: <http://enc.permculture.ru/start.do> (дата обращения: 19.08.2020)
5. Графики химического состава подземных вод [электронный ресурс] // Сельскохозяйственная электронная библиотека знаний. URL: <http://www.cnsnb.ru/akdil/default.htm> (дата обращения: 18.08.2020)
6. Основные виды твердых полезных ископаемых [электронный ресурс] // Министерство природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края URL: [https://prioda.permkrai.ru/](https://priroda.permkrai.ru/) (дата обращения: 15.08.2020)

## ОЦЕНКА ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ АДМИНИСТРАТИВНЫХ РАЙОНОВ ПЕРМСКОГО КРАЯ

*Минкина Анна Владимировна  
Аспирант 3 курса, Пермский государственный национальный  
исследовательский университет, Пермь*

*E-mail: anutik.08@inbox.ru*

*Павлова Диана Леонидовна<sup>2</sup>*

*Ведущий специалист-эксперт отдела водного хозяйства Камского бассейнового  
водного управления Федерального агентства водных ресурсов*

*E-mail: dianochka.pavlova@gmail.com*

## ASSESSMENT OF WATER AVAILABILITY IN ADMINISTRATIVE DISTRICTS OF PERM KRAI

*Minkina Anna Vladimirovna*

*3rd year postgraduate student, Perm State University, Perm*

*Pavlova Diana Leonidovna*

*leading specialist-expert of the Department of water management of the Kama basin water  
management of the Federal Agency of water resources*

### Аннотация

По разработанной авторами методике в статье дается оценка водообеспеченности в разрезе административных районов Пермского края. Рассматривается распределение водопотребления по территориям края. Приводятся анализ результатов расчета водохозяйственных балансов изучаемых регионов.

Ключевые слова: водообеспеченность территории; норма стока; водные ресурсы; водохозяйственный баланс; водопотребление; Пермский край.

### Abstract

According to the method developed by the authors, the article provides an assessment of water availability in the context of administrative districts of the Perm region. The distribution of water consumption across the territory of the region is considered. The analysis of results of calculation of water management balances of the studied regions is given.

Keywords: water availability of the territory; flow rate; water resources; water management balance; water consumption; Perm region.

По обеспеченности водными ресурсами Пермский край занимает 1-е место на Урале. Здесь хорошо развитая гидрологическая сеть, представленная всеми типами внутренних водных объектов - реками, водохранилищами, прудами, озерами, болотами. Водные ресурсы активно используются: Пермский край по объемам забираемой воды занимает 10-е место в РФ. На его территории создан мощный водохозяйственный комплекс, обеспечивающий потребности в воде населения, разных отраслей промышленности и сельского хозяйства. При этом около 87 % от общего забора воды используется на промышленные нужды. Водные

ресурсы по территории края распределены неравномерно, уменьшаясь главным образом с востока на запад. Важной их количественной характеристикой водных ресурсов является водообеспеченность. Под водообеспеченностью понимается степень удовлетворения фактической потребности в воде хозяйства предприятия, орошаемой площади, отрасли народного хозяйства [7]. В России водообеспеченность рассматривается и как удельная расчетная величина, получаемая от деления величины естественного среднего годового стока на общую площадь (получаем объем речного стока на единицу территории) [4].

Для определения водообеспеченности мы используем гидрологический показатель «норма стока». Нормой годового стока называется его среднее значение за многолетний период, включающий несколько полных лет (не менее двух) циклов колебаний водности реки при неизменных географических условиях и одинаковом уровне хозяйственной деятельности в бассейне реки [4].

В ходе исследования для каждого административного района были определены площадь, элементарные и общие значения нормы стока, выраженные в виде объема воды. Базой для этих расчетов послужили результаты совмещения карт Пермского края «Норма стока» и «Административное деление» (рис.1). На основе рассчитанных данных построена карта «Водообеспеченность административных районов» (рис.2). Для этого с помощью системы ArcGIS были использованы шейпфайлы карт Пермского края, предоставленные Центром картографии и геоинформатики ПГНИУ.

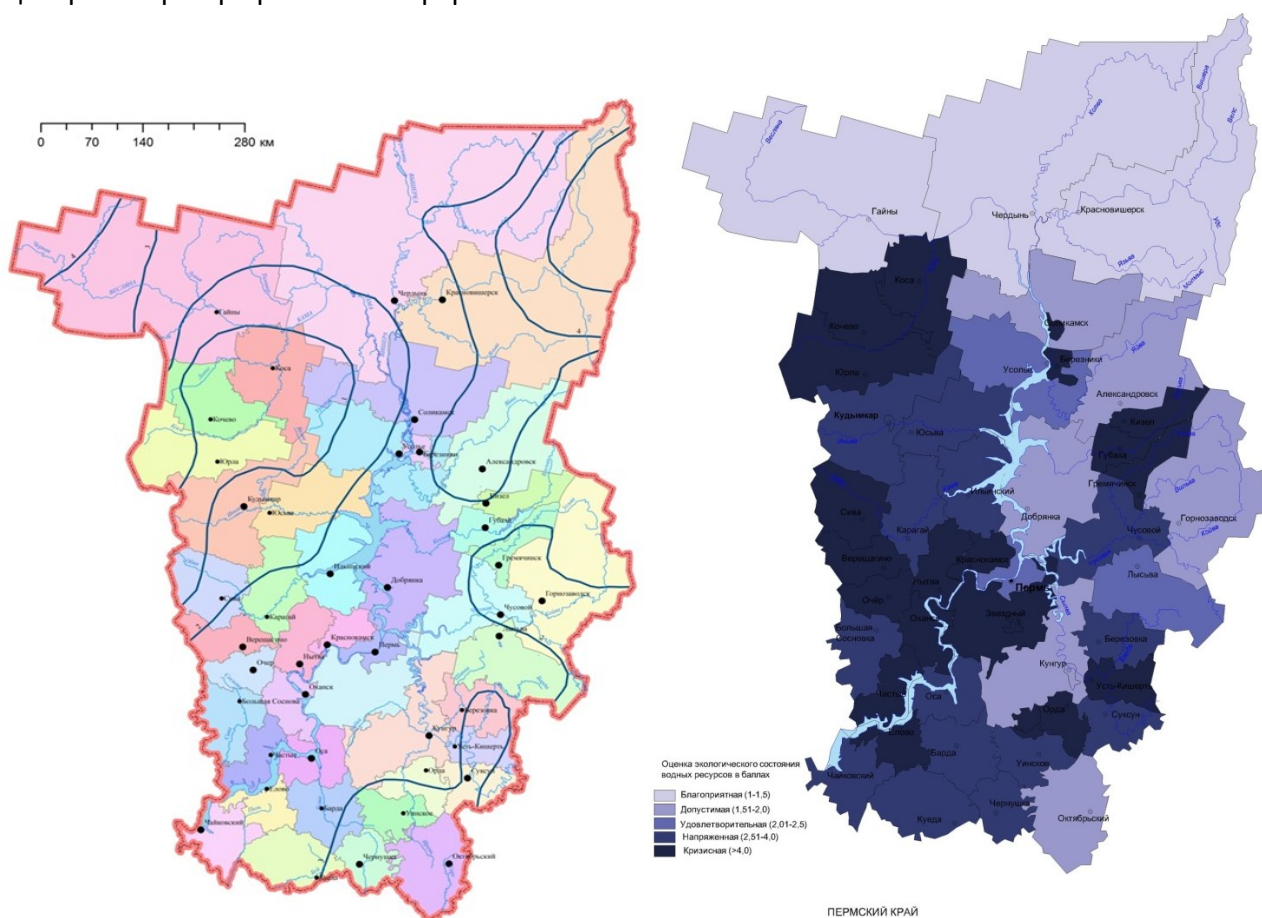


Рис. 1 (слева) «Совмещение карт «Норма стока»(показан изолиниями) и «Территории административных районов» Пермского края, масштаб 1:5 000 000 [2]

Рис. 2 (справа) Карта водообеспеченности Пермского края [1]

Оценка водообеспеченности была проведена в соответствии с методикой [1]. Ее анализ показал, что наибольшая водность (1 балл) наблюдается на 32% территориях – районы Гайнский (1336765,3 тыс.м<sup>3</sup>), Красновишерский (1998605 тыс.м<sup>3</sup>) и Чердынский (1769064,5 тыс.м<sup>3</sup>). А наименьшая зафиксирована (4-5 баллов) в 30 районах (Еловский, Краснокамский, Гремячинский, г. Березники, г. Пермь, Ординский и др.), почти на половине территории края (47%) [2].

На качество водных ресурсов оказывает влияние техногенное воздействие, отражающееся в сбросах загрязненных сточных вод.

Основными потребителями свежей воды являются промышленность (рис.4), покрытие потребностей которой в 2017 году за счет поверхностных водоисточников составляло около 90,1 % общего водопотребления; хозяйственно-питьевое водоснабжение – 7,4 % (рис.3); сельское хозяйство, включающее орошение засушливых земель - 0,1 % [5].

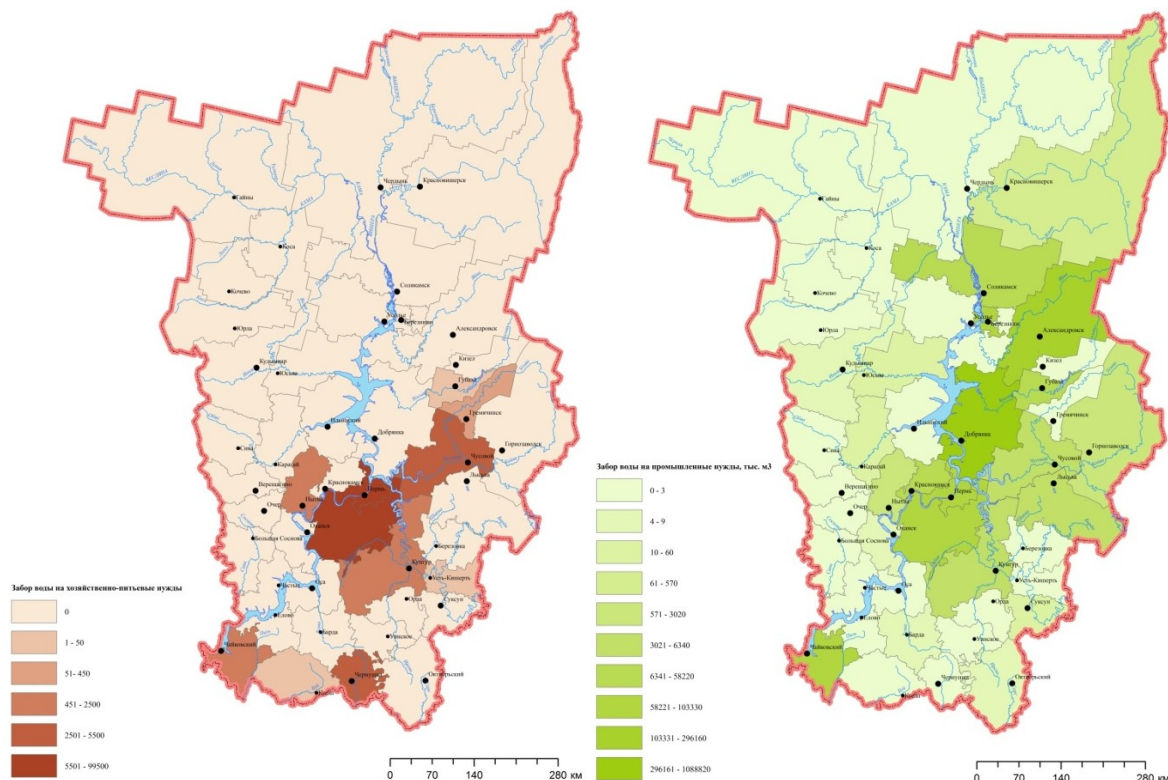


Рис. 3 и 4 Распределение объемов забора воды из поверхностных водных объектов на хозяйственно-питьевые (слева) и промышленные (справа)

Наибольшее водопотребление отмечается в экономических развитых районах с большей численностью населения, где расположены крупные промышленные и энергетические комплексы, например, Соликамский, Александровский, Губахинский, Добрянский район, г. Березники и г. Пермь (рис.3, 4).

С ростом водопотребления меняются и водохозяйственные балансы. *Водохозяйственным балансом* (ВХБ) называют соотношение между наличием водных ресурсов и их потреблением в пределах одного или нескольких речных бассейнов [6]. Нами были рассчитаны водохозяйственные балансы для каждого административного района Пермского края в 2016 году по формуле (1):

$$W = W_1 + W_2 - W_3 \pm \Delta W \quad (1),$$

где  $W$  – общий объем воды в поверхностных водных объектах каждом административном районе;  $W_1$  – затраты воды на хозяйственно-питьевые нужды населения;  $W_2$  – затраты воды на производственные нужды, которые включают в себя сельское хозяйство, гидроэнергетику, легкую и тяжелую промышленность;  $W_3$  – объем возвратных вод;  $\Delta W$  – невязка.

Расчет балансов показал, что наибольшие потери воды в результате забора воды характерны для Пермского района, ЗАТО Звездного и г. Пермь, составляя в совокупности 16205,6 тыс.м<sup>3</sup>, далее идут Добрянский (4043,6 тыс.м<sup>3</sup>), Губахинский (3712,2 тыс.м<sup>3</sup>) и Александровский (2324,7 тыс.м<sup>3</sup>) районы. Наибольшие объемы сбрасываемых возвратных вод при минимальном отсутствии потерь наблюдались в г. Березники -14095,5 тыс.м<sup>3</sup>, а также районах Чайковском -11640,6 тыс.м<sup>3</sup> и Соликамском районе (совместно с г. Соликамск) - 10431 тыс.м<sup>3</sup>. Районы с наибольшими объемами возвратных сточных вод более подвержены негативному техногенному воздействию, поскольку в их водные объекты с возвратными водами вносятся наибольшее количество загрязняющих веществ [1].

Наименее обеспечены водными ресурсами и наиболее подвержены техногенному воздействию районы Пермский, Соликамский, Чайковский, а также города Березники и Соликамск. Районы Александровский, Красновишерский, Добрянский, наоборот, имеют хорошую водообеспеченность и испытывают меньшее техногенное воздействие на водные ресурсы. Связано это главным образом с природными условиями формирования водных ресурсов и экономикой изучаемого региона.

#### Список литературы

1. Минкина А.В. Методический подход к оценке экологического состояния водных ресурсов (на примере территории Пермского края) // Астраханский вестник экологического образования (статья находится в печати издательства).
2. Минкина А.В., Павлова Д.Л. Использование программы ArcGis для оценки водности и потенциальных водных ресурсов Пермского края // Высшая школа: научные исследования: Материалы Межвузовского научного конгресса (г. Москва, 3 сентября 2020 г.). – Москва, 2020: Издательство Инфинити, 2020. – С. 131-138.
3. Научно-популярная энциклопедия «Вода России» // Шренк [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://water-ru.ru/a2186>. Дата обращения: 20.09.2020
4. Нурисламова Д.А. Некоторые характеристики годового стока водотоков бассейна р. Белая // Центральный научный вестник. Том 4, №2. –Общество с ограниченной ответственностью «Реклама и торговля», 2019.- С. 13-14
5. О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2017 году: Государственный доклад.- П.: Министерство природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края, авторы разделов, 2018. - 260 с.
6. Первов А.Г. «Комплексное использование водных ресурсов» Конспект лекций по дисциплине [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://studizba.com/lectures/154-stroitelstvo/2470-kompleksnoe-ispolzovanie-vodnyh-resurov/>. Дата обращения: 30.08.2020
7. Словарь по гидрогеологии и инженерной геологии / Составитель: А.А. Маккавеев. Редактор О.К. Ланге. М.: Гостоптехиздат, 1961. - 73 с.

## АНАЛИЗ ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

*Опутин Максим Андреевич*

*Студент 4 курса Пермского государственного  
национального исследовательского университета, г. Пермь (Россия)*

*E-mail: maksimoputka@yandex.ru*

*науч. руководитель: Микова Ксения Дмитриевна к.г.н,  
доцент кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов*

*Пермского государственного национального  
исследовательского университета, г. Пермь*

*E-mail: mikovak@yandex.ru*

## ANALYSIS OF WATER SUPPLY IN THE PERM KRAI

*Oputin Maksim Andreevich*

*4th year student of bachelor's degree*

*Perm state university, Perm*

*Ksenia Mikova*

*Assoc.prof. of the department of hydrology and*

*water resources protection, of Perm State University, Perm*

### Аннотация

Вода является одним из важнейших ресурсов, как для поддержания жизнедеятельности человека, так и для развития общества в целом. В качестве исходных данных использована статистика годового стока рек и обеспеченность годовым стоком населения Пермского края. Анализ данных показал, что среднее значение обеспеченности населения Пермского края ресурсами речного стока за период 2010-2015 гг. составило 21,9 тыс. м<sup>3</sup>/год на человека, что ниже среднероссийского показателя на 29% (31,0 тыс. м<sup>3</sup>/год на человека), но выше показателя ПФО на 58% (9,31 тыс. м<sup>3</sup>/год на человека).

Ключевые слова: водообеспеченность; Пермский край; годовой сток рек; использование свежей воды.

### Abstract

Water is one of the most important resources, both for maintaining human life, and for the development of society. To compile the analysis, the statistics of the annual river flow and the provision with the annual flow of the population of the Perm krai were used as the initial data. Analysis of the data showed that the average value of the provision of the population of the Perm krai with runoff resources for the period 2010-2015 amounted to 21.9 thousand m<sup>3</sup>/year per capita, which is 29% lower than the national average (31.0 thousand m<sup>3</sup>/year per capita), but higher than the VFD indicator by 58% (9.31 thousand m<sup>3</sup>/year per capita).

Keywords: water availability; Perm krai; annual runoff; fresh water use.

## **Введение**

Потребление больших объемов пресной воды на различные экономические и социальные нужды стало неотъемлемой чертой современного развития общества. Вода необходима для питья, улучшения санитарных условий, развития сельского хозяйства, промышленности и бесчисленного количества других целей. Растущий спрос на воду создает трудности с обеспеченностью водными ресурсами во многих регионах мира. Поэтому для разумного использования и охраны водных ресурсов крайне необходима их количественная оценка с учетом современного и перспективного водопользования (Измайлова, 1999).

В России проблемы ресурсосбережения актуальны в контексте инновационного развития страны. Задачи по достижению эффективного и рационального использования водных ресурсов поставлены Правительством Российской Федерации в Водной стратегии России и Федеральной целевой программе «Развитие водохозяйственного комплекса РФ в 2012–2020 гг.». (Рыбкина и др., 2017).

### **Изученность вопроса**

Тема водообеспеченности, какого-либо региона или мира в целом, тесно связана с экологической ситуацией на планете. В условиях глобального потепления данная тема стоит наиболее остро. Из-за роста населения и промышленности в разных странах мира происходит беспрецедентное давление на водные ресурсы. По некоторым оценкам (World Bank, 2017) население столкнется с 40%-ным дефицитом доступной воды к 2030 году. К 2025 году около 1,8 миллиарда человек будут жить в регионах или странах с абсолютным дефицитом воды. Водная безопасность является сегодня главной и часто растущей проблемой для многих стран (World Bank, 2017).

Проблемой водообеспеченности занималось множество авторов. За последние 30 лет результаты глобальных оценок водообеспеченности были опубликованы с различной степенью полноты (Насе, 1967; Львович, 1974; Корзун, 1974; Баумгартнер и Рейхель, 1975; Бернер и Бернер, 1987). Оценки водообеспеченности разных стран также регулярно публикуются в трудах Института мировых ресурсов (1992, 1994, 1996). В монографиях Глейка (1993, 1998) опубликованы подробные данные о водных ресурсах и водопользованию, взятые из разных источников. Несмотря на значительные запасы водных ресурсов России, проблема водообеспеченности является значимой для Российской Федерации (Калиманов и др., 2017). Проблему водообеспеченности в Пермском крае, в контексте экологии, рассматривали Минкина А.В., Двинских С.А., Зуева Т.В. (2019). Также С.А. Двинских и А.Б. Китаев изучали некоторые аспекты водопользования в Пермском крае, в частности рассматривалось качество воды водных объектов Пермского края. На наш взгляд проблема водообеспеченности районов Пермского края недостаточно изучена.

### **Исходные данные**

Для составления анализа в качестве исходных данных использованы данные о годовом стоке рек Пермского края и обеспеченность годовым стоком населения Пермского края. Данные по стоку рек были взяты с открытых интернет-ресурсов: сайт ПермьСтат ([permstat.gks.ru](http://permstat.gks.ru)), сайт водных ресурсов России ([water-rf.ru](http://water-rf.ru)), государственный доклад «о состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2018 году», сайт Министерства Природных Ресурсов Пермского Края ([priroda.permkrai.ru](http://priroda.permkrai.ru)).



## Результаты

Среднее значение обеспеченности населения Пермского края ресурсами речного стока за период 2010-2015гг. составило 21,9 тыс. м<sup>3</sup>/год на человека, что ниже среднероссийского показателя на 29% (31,0 тыс. м<sup>3</sup>/год на человека), но выше показателя Приволжского федерального округа на 58% (9,31 тыс. м<sup>3</sup>/год на человека) (рис. 1). Обеспеченность прогнозными ресурсам подземных вод в крае составила 2,88 м<sup>3</sup>/сут на человека, что ниже среднероссийского показателя (5,94 м<sup>3</sup>/сут на человека) и сравнимо с показателем Приволжского федерального округа (2,85 м<sup>3</sup>/сут на человека) (water-rf.ru, 2019). Забор водных ресурсов из всех видов природных источников в Пермском крае составил 1992,47 млн м<sup>3</sup>, из них большая часть забрана из поверхностных водных объектов – 1880,05 млн м<sup>3</sup> или 94,4%, что составляет 2,61% годового речного стока.

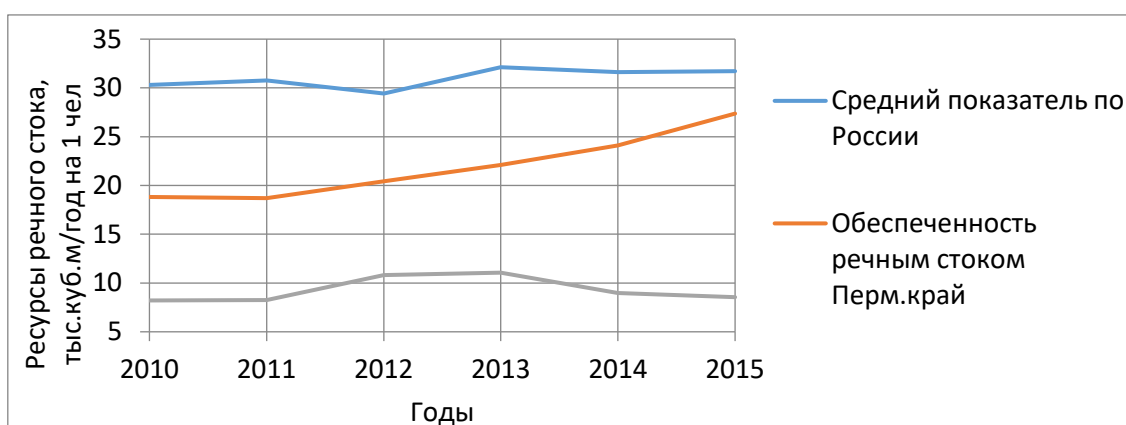


Рис. 1. Динамика обеспеченности населения Пермского края ресурсами речного стока тыс.куб.м/год на человека (Водные ресурсы России, 2015)

Согласно классификация Шикломанова И.А. (1989), Пермский край относится к регионам «очень высоко» обеспеченных речным стоком (более 20,0 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год). Анализ обеспеченности населения Пермского края ресурсами речного стока в 2010–2015 годах (рис. 1) показывает, что данная величина напрямую зависит от динамики изменения значений речного стока на территории Пермского края (рис. 1-2). Во всех случаях рост одного параметра не отличался от роста другого более чем на 0,3%.

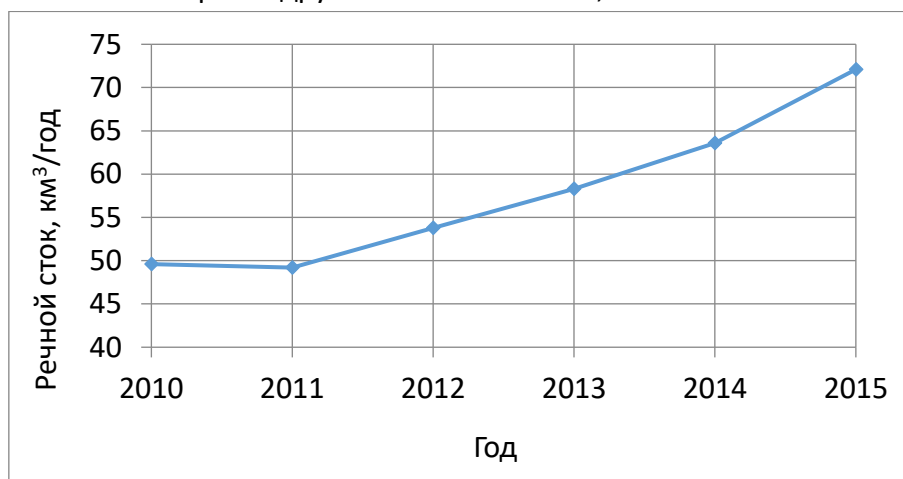


Рис. 2. Динамика изменения значений речного стока на территории Пермского края (water-rf.ru, 2016)

Рост величины речного стока за период с 2010 года по 2015 год составил 45,4%. Возможно, такой рост речного стока обусловлен прежде всего изменяющимся количеством осадков в регионе. Влияние же забора воды на наш взгляд не значительно, т.к. составляет всего 2,61% годового речного стока.

Таблица 1

Изменение значений речного стока и обеспеченности населения ресурсами речного стока (в %) относительно предыдущего года за период 2011-2015 гг. в Пермском крае

Год	2011	2012	2013	2014	2015
Изменение речного стока, %	-0,7	9,0	8,3	9,0	13,4
Изменение обеспеченности населения ресурсами речного стока, %	-0,8	9,3	8,3	9,1	13,3

Анализ изменение значений речного стока за период 2011-2015 гг. показал, что начиная с 2012 г. прослеживается стабильный рост речного стока (табл. 1). В среднем речной сток с 2012 по 2015 г. изменялся на 8,3-9,0% в год. В 2015 г. изменение речного стока относительно предыдущего года было наибольшим (13,4%). Изменение обеспеченности населения ресурсами речного стока год от года менялось аналогично изменению речного стока (табл. 1).

В тоже время данные об использовании свежей воды в Пермском крае (табл. 3) показывают, что с 2010 года, объём используемой свежей воды снижался. Исключениями являются 2013 и 2017гг., когда наблюдался положительный рост относительно предыдущих лет. В первом случае (2013 год) рост составил 10%, в 2017 году рост относительно предыдущего года составил 0,6%. По итогу за 9 лет использование свежей воды снизилось на 40,7%.

таблица 3

Использование свежей воды в Пермском крае, (млн. м<sup>3</sup>), (Пермьстат, 2019)

Год	Всего	На орошение и сельскохоз. водоснабжение	На производ-ственные нужды	На хозяйственно-питьевые нужды
2010	2478,3	2,1	2282,7	163,3
2011	2392,3	2,0	2189,6	154,6
2012	1959,2	1,5	1775,5	147,0
2013	2154,2	1,6	1973,4	141
2014	2141,7	1,6	1977,7	126,5
2015	1935,8	1,6	1779,8	120,9
2016	1592,8	1,8	1431,3	122,9
2017	1602,6	1,6	1444,3	118,9
2018	1469,7	1,5	1311,4	117,0

Больше всего снизилось использование свежей воды для производственных нужд 42,5%. На орошение и сельскохозяйственное водоснабжение и на хозяйственно-питьевые нужды использование снизилось на 28,6% и 28,4% соответственно (таблица 3). Такое

снижение использования свежей воды за период 2010-2018гг. может быть обусловлено введением оборотного водоснабжения и новых систем учета.

#### Выводы

Среднее значение обеспеченности населения Пермского края ресурсами речного стока за период 2010-2015гг. составило 21,9 тыс. м<sup>3</sup>/год на человека, что ниже среднероссийского показателя на 29% (31,0 тыс. м<sup>3</sup>/год на человека), но выше показателя Приволжского федерального округа на 58% (9,31 тыс. м<sup>3</sup>/год на человека). В период с 2010г. по 2015г. речной сток на исследуемой территории увеличивался, что повлияло на рост величины речного стока, приходящегося на человека в год. На текущий момент Пермский край является хорошо обеспеченным водными ресурсами субъектом РФ.

#### Список литературы

1. Водные ресурсы Пермского края [Электронный ресурс] URL: <https://priroda.permkrai.ru/water/> (дата обращения: 02.04.2020).
2. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2016 году [Электронный ресурс] URL: <https://water-rf.ru/water/gosdoc/33.html> (дата обращения: 04.04.2020).
3. Двинских С.А., Китаев А.Б. Некоторые аспекты водопользования в Пермском крае // Географический вестник. 2014. №3(30). С. 54-59.
4. Использование свежей воды [Электронный ресурс] URL: [http://permstat.old.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/permstat/resources/739c4d0040a80ed6b3ccf7367ccd0f13/11.1.html](http://permstat.old.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/permstat/resources/739c4d0040a80ed6b3ccf7367ccd0f13/11.1.html) (дата обращения: 31.03.2020).
5. Калиманов Т.А., Усова Е.В., Татосян М.Л. Водные ресурсы Российской Федерации, их использование и состояние // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). 2017. №4. С. 136-144.
6. Минкина А.В., Двинских С.А., Зуева Т.В. Водообеспеченность и водопотребление как показатели водной составляющей интегрального индекса экологического благополучия // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. Пермь: Издательский центр Пермского государственного национального исследовательского университета. 2019. С. 162-167.
7. Пермский край. Поверхностные водные ресурсы [Электронный ресурс] URL: [https://water-rf.ru/Регионы\\_России/2555/Пермский\\_край](https://water-rf.ru/Регионы_России/2555/Пермский_край) (дата обращения: 12.04.2020).
8. Прогнозные ресурсы подземных вод [Электронный ресурс] URL: [https://water-rf.ru/Глоссарий/3510/Прогнозные\\_ресурсы\\_подземных\\_вод](https://water-rf.ru/Глоссарий/3510/Прогнозные_ресурсы_подземных_вод) (дата обращения: 12.04.2020).
9. Рыбкина И.Д. Оценка и прогноз водообеспеченности Омской области // Известия РАН, серия географическая. 2016. №1. С. 115-122.
10. Рыбкина И.Д., Курепина Н.Ю., Стоящева Н.В., Губарев М.С. Геоинформационно-картографическое моделирование водообеспеченности в целях водохозяйственной безопасности и устойчивого развития территорий // ИНТЕРКАРТО. ИНТЕРГИС. 2016. №1. С. 127-135.
11. Рыбкина И.Д., Стоящева Н.В., Губарев М.С., Курепина Н.Ю., Резников В.Ф. Оценка потенциала водообеспеченности на основе ландшафтно-бассейнового подхода в регионах Западной Сибири // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии. Барнаул: ООО «Пять плюс», 2017. С. 103-114.

12. Рыбкина И.Д., Стоящева Н.В., Магаева Л.А., Губарев М.С., Резников В.Ф., Курепина Н.Ю. Опыт оценки водообеспеченности населения и экономики регионов Западной Сибири // География и регион. Пермь: Издательский центр Пермского государственного национального исследовательского университета, 2015. С. 145-148.

13. Шикломанов И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. СПб: Гидрометеоздат, 1989, С.

14. Igor A. Shiklomanov (2000) Appraisal and Assessment of World Water Resources, Water International, 25:1, Pp. 11-32, DOI: 10.1080/02508060008686794.

15. Water supply. [Электронный ресурс] URL: <https://www.worldbank.org/en/topic/watersupply> (дата обращения: 10.02.2020).

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО СНЕГОТАЯНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

*Фасахов Михаил Александрович*

*Студент 1 курса магистратуры Пермского государственного  
национального исследовательского университета, г. Пермь (Россия)*

*E-mail: komrad.fasakhov2017@yandex.ru*

## MODELING THE SPATIAL DISTRIBUTION OF SNOW COVER DURING SPRING SNOWMELT USING GIS TECHNOLOGIES

*Fasakhov Mikhail Aleksandrovich*

*1st year student of the PGM NM group*

*Perm State National Research University, Perm*

### Аннотация

В статье предложен метод расчета весеннего снеготаяния с использованием ГИС-технологий. Преимуществом данного метода является учет природных факторов (характеристики рельефа, залесенность и др.) при выполнении расчетов снеготаяния. Предложен способ пространственного распределения метеорологических характеристик фиксируемой в каждой точке по всей территории водосбора.

Ключевые слова: моделирование; ГИС-технологии; снеготаяния.

### Abstract

The article proposes a method for calculating spring snowmelt using GIS technologies. The advantage of this method is taking into account natural factors (characteristics of the relief, forest cover, etc.) when calculating snow melting. A method is proposed for the spatial distribution of meteorological characteristics recorded at each point throughout the entire catchment area.

Keywords: modeling; GIS technologies; snow melting.

Прогноз объема стока и продолжительности весеннего половодья включает в себя оценку характера пространственного распределения запаса воды в снеге, а также последовательность таяния снежного покрова в весенний период. Одним из основных методов расчета снеготаяния является метод теплового баланса предложенный П.П. Кузминым [3] и доработанный В.Д. Комаровым [2], В.А. Шутовым [5] и др. В котором используются данные о температуре воздуха, скорости ветра, суммарной солнечной радиации и др.

При моделировании весеннего снеготаяния с применением ГИС-технологий за основу принят метод расчета В.Д. Комарова [2], который основан на следующих положениях:

– водоотдача пропорциональна сумме положительных значений температуры;

– на каждый градус положительной среднесуточной температуры образуется слой талой воды, который в поле составляет 5 мм, а в лесу – 2 мм;

– величина покрытости поля  $P_n$  и леса  $P_l$  снегом в период таяния зависит от начальных снегозапасов и накопившейся от начала снеготаяния суммы положительных значений температуры;

– в период снеготаяния отмечается несоответствие между стаиванием снега и водоотдачей, вызванное действием молекулярной емкости снега.

Н.Д. Лебедевой [4] для бассейна р. Камы были предложены дополнения к методу расчета весеннего снеготаяния В.Д. Комарова [2]:

– определение коэффициента учета возврата воды в течение всего периода снеготаяния в соответствии с условием, что в начале снеготаяния они будут иметь максимальные значение, а к концу снеготаяния равны 1;

– определение коэффициентов водоотдачи для поля и леса  $\alpha_n$  и  $\alpha_l$ ;

– учет осадков, выпадающих во время оттепелей в виде снега или дождя.

Метод Н.Д. Лебедевой [4] был полностью автоматизирован, что существенно повышает точность и скорость выполнения расчетов.

Исследуемой территорией является водосбор р. Камы от п. Гайны до с. Бондюг, расположенный на северо-западе Пермского края. В этом регионе происходит накопление значительных запасов снега перед началом снеготаяния в результате чего формируется значительное по объему стока половодье.

В качестве исходной метеорологической информации использовались ежедневные данные об осадках, температуре, снегозапасе и дефиците влажности по метеостанциям: Гайны, Ныроб, Кочево, Чердынь, Коса, Бондюг, Ошиб, Сергеевский, Кува, Оныл.

Применение ГИС-технологий дает возможность выполнить расчет пространственного распределения снежного покрова и запаса воды в снеге на любую дату периода весеннего половодья, с отображением полученных результатов на карте. Картографическая база данных представлена векторными слоями речной сети, болот, озер и лесов, поскольку расчеты снеготаяния ведутся отдельно для открытых и залесенных территорий (рис. 1).

Одним из важных условий при расчете снеготаяния с использованием ГИС-технологий является наличие корректной цифровой модели рельефа (ЦМР). От этого зависит точность расчета снеготаяния и расхода воды в замыкающем створе. Для построения такой ЦМР использована электронная карта Роскартографии масштаба 1:100000 в виде векторных слоев: пункты ГГС; отметки высот (основные, дополнительные, у ориентира); горизонталы (основные, дополнительные, утолщенные); урезы воды; водные объекты (реки, озера, пруды, болота).

Построение ЦМР выполнено с помощью инструмента «Топо в растр» модуля Spatial Analyst программного продукта ArcGIS. Размер растровой ячейки выбран 40x40 м с целью обеспечения более точных результатов при расчетах снеготаяния (рис. 2).

При расчете снеготаяния во всех существующих моделях данные берутся с нескольких метеостанций находящихся непосредственно или на самом водосборе, или рядом с ним. Полученные значения, методом осреднения приводятся к одному параметру, который учитывается в расчетах. При использовании ГИС-технологий имеется возможность

пространственного распределения метеорологических данных по всей исследуемой территории (ячейкам растровой модели водосбора).

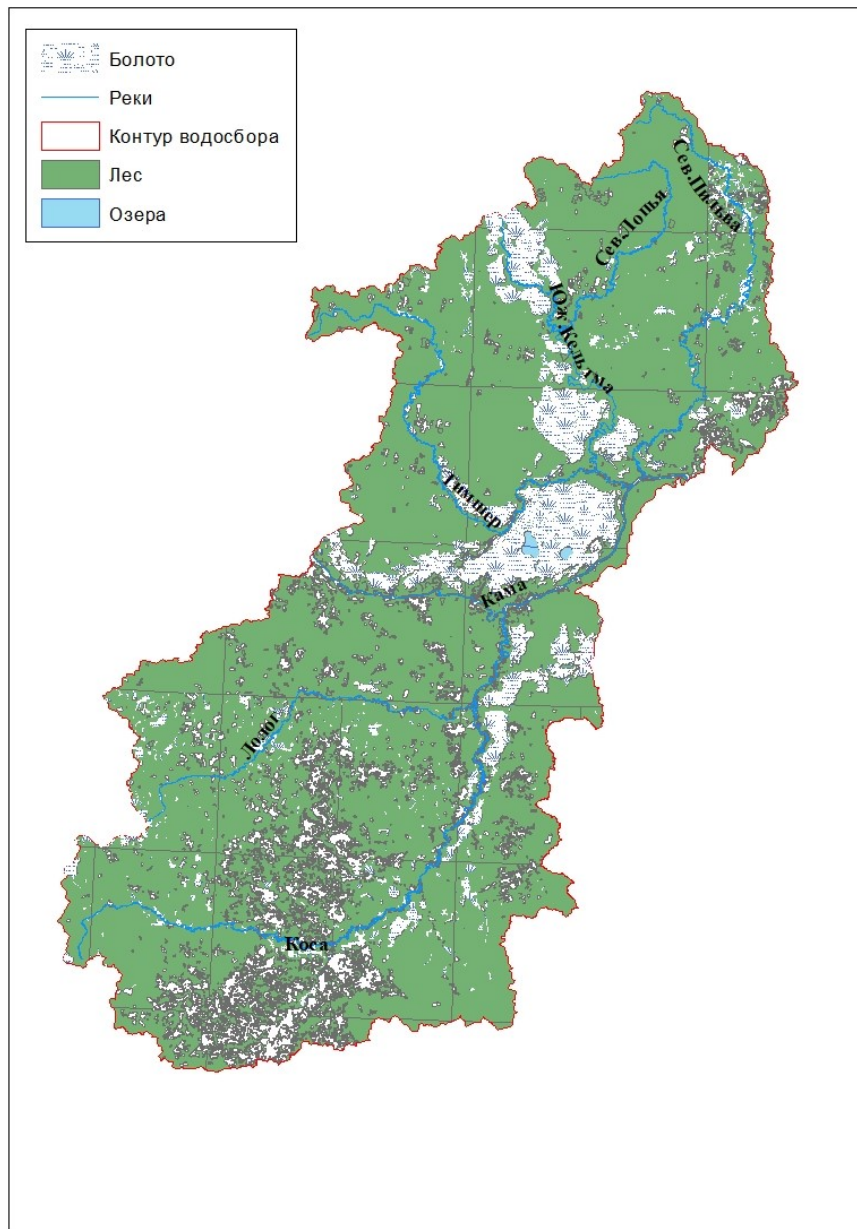


Рис. 1. Послойное векторное представление речной сети, болот, озер и лесов

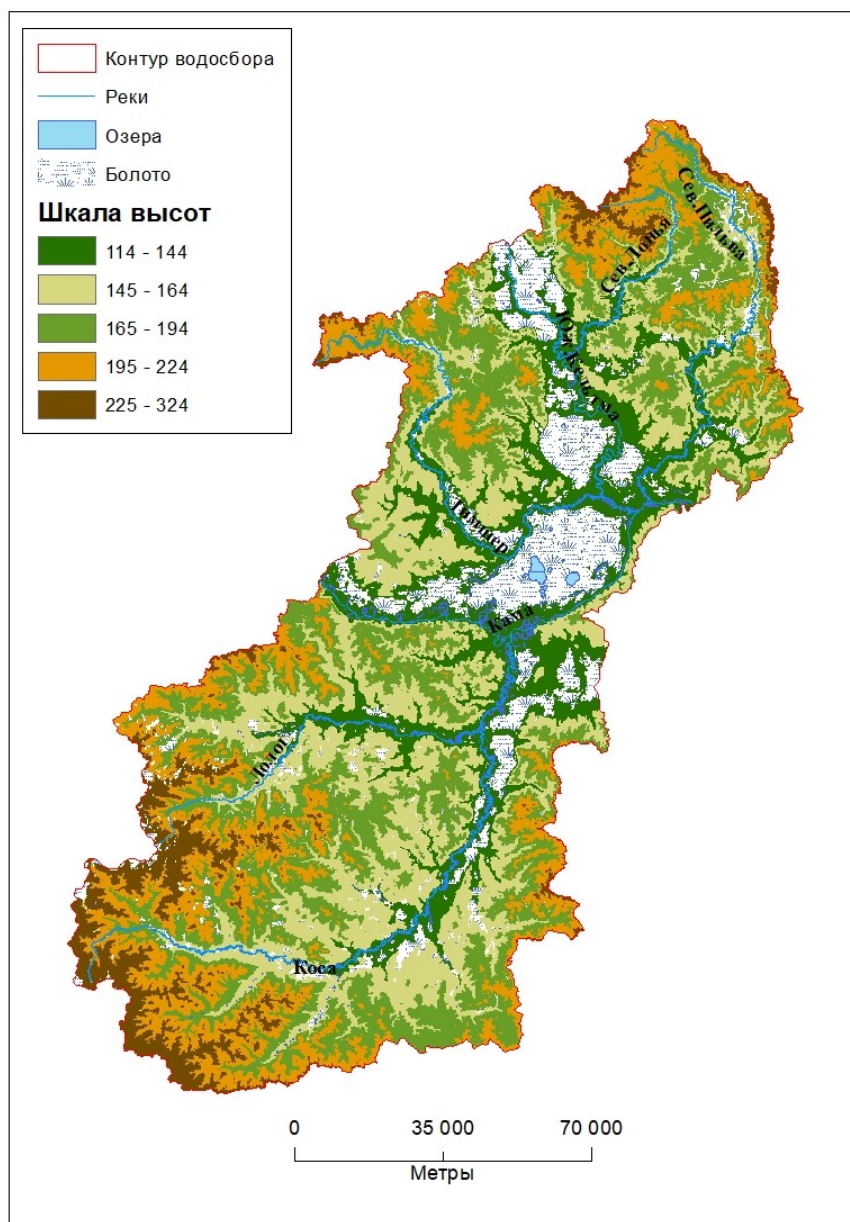


Рис. 2. Цифровая модель рельефа водосбора р. Камы от п. Гайны до с. Бондюг

Для решения этой задачи использован и программно реализован средневзвешенный метод, основанный на диаграмме Вороного. Суть этого метода заключается в следующем: вокруг каждой точки (метеостанции) строится полигон таким образом, чтобы расстояние от каждой ячейки, лежащей внутри полигона, до этой точки было меньше, чем до какой-либо другой точки (метеостанции). Такой полигон представляет собой участок территории, «контролируемый» метеостанцией (рис. 3). Каждой ячейке, находящейся внутри этого участка (полигона Вороного), присваивается ее код и вся исходная метеорологическая информация из соответствующей таблицы атрибутивной базы данных [1].

В результате расчета получаем следующую таблицу (рис. 4), в которой отображается вся информация, занесенная в растровую ячейку.





Рис. 3. Деление исследуемого водосбора полигонами Вороного для пространственного распределения метеорологических данных (на примере атмосферных осадков)

FID	Shape	POINTID	GRID_CODE	StationID	Height	Merge	Date	Merge2	StationID2	StationID3	
0	Точка	1	1	4	230	17_1_4_4_4_230_2	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_2	02.06.2004	4	4
1	Точка	2	1	4	230	17_1_4_4_4_230_2	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_2	02.06.2004	4	4
2	Точка	3	1	4	230	17_1_4_4_4_230_2	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_2	02.06.2004	4	4
3	Точка	4	1	4	230	17_1_4_4_4_230_2	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_2	02.06.2004	4	4
4	Точка	5	1	4	230	17_1_4_4_4_230_2	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_2	02.06.2004	4	4
5	Точка	6	1	4	230	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	4	4
6	Точка	7	1	4	230	17_1_4_4_4_230_4	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_4	02.06.2004	4	4
7	Точка	8	1	4	230	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	4	4
8	Точка	9	1	4	230	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	4	4
9	Точка	10	1	4	230	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	4	4
10	Точка	11	1	4	250	17_1_4_4_4_250_2	02.06.2004	17_1_4_4_4_250_2	02.06.2004	4	4
11	Точка	12	1	4	230	17_1_4_4_4_230_2	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_2	02.06.2004	4	4
12	Точка	13	1	4	230	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	4	4
13	Точка	14	1	4	230	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	4	4
14	Точка	15	1	4	230	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	4	4
15	Точка	16	1	4	230	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	4	4
16	Точка	17	1	4	230	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	4	4
17	Точка	18	1	4	230	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	4	4
18	Точка	19	1	4	230	17_1_4_4_4_230_4	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_4	02.06.2004	4	4
19	Точка	20	1	4	230	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	4	4
20	Точка	21	1	4	230	17_1_4_4_4_230_2	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_2	02.06.2004	4	4
21	Точка	22	1	4	230	17_1_4_4_4_230_2	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_2	02.06.2004	4	4
22	Точка	23	1	4	230	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	4	4
23	Точка	24	1	4	230	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	4	4
24	Точка	25	1	4	230	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	4	4
25	Точка	26	1	4	230	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	4	4
26	Точка	27	1	4	230	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	4	4
27	Точка	28	1	4	230	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	4	4
28	Точка	29	1	4	230	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	4	4
29	Точка	30	1	4	230	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_3	02.06.2004	4	4
30	Точка	31	1	4	230	17_1_4_4_4_230_4	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_4	02.06.2004	4	4
31	Точка	32	1	4	250	17_1_4_4_4_250_4	02.06.2004	17_1_4_4_4_250_4	02.06.2004	4	4
32	Точка	33	1	4	230	17_1_4_4_4_230_2	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_2	02.06.2004	4	4
33	Точка	34	1	4	230	17_1_4_4_4_230_2	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_2	02.06.2004	4	4
34	Точка	35	1	4	230	17_1_4_4_4_230_2	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_2	02.06.2004	4	4
35	Точка	36	0	4	230	17_0_4_4_4_230_3	02.06.2004	17_0_4_4_4_230_3	02.06.2004	4	4
36	Точка	37	1	4	230	17_1_4_4_4_230_2	02.06.2004	17_1_4_4_4_230_2	02.06.2004	4	4

Рис. 4. Фрагмент таблицы атрибутивной базы данных  
(число строк соответствует количеству растровых ячеек в пределах водосбора)

В итоговой таблице в колонках FID и Pointid отображается информация о количестве ячеек; колонка Grid\_Code несет информацию о лесе (1) и поле (0); в колонке Height указана высота местности; поля StationID, StationID2, StationID3 отвечают за температуру, осадки и снеготаяние соответственно; в колонке Merge производится сбор всей информации из выше упомянутых полей; в колонке Data указывается дата; в колонке Merge2 присваивается информация из двух следующих колонок Merge и Data.

В итоге расчетов получаем информацию о стаявшем и оставшемся снеге в каждой ячейке растра на каждый день, т.е. при визуализации можно получить ежесуточную динамику снеготаяния с помощью построения модельных карт.

Таким образом, расчет снеготаяния в программной среде ArcGIS дает возможность более точно учитывать метеорологические данные, распределяя их по всей площади водосбора, т.е. фиксируя в каждой растровой ячейке определенные метеорологические данные с ближайшей метеостанции.

#### Список литературы

1. Калинин В.Г., Суманеева К.И., Русаков В.С. Моделирование пространственного распределения снежного покрова в период весеннего снеготаяния // Метеорология и гидрология, 2019, №2, Перм. гос. ун-т. Пермь, 2019, С. 74–85.
2. Комаров В.Д. О процессах формирования половодья на малой реке и предвычисление его гидрографа // Труды ЦИПа, вып. 6, 1947. 71 с.
3. Кузьмин П.П. Интенсивность снеготаяния как функция элементов энергетического баланса снеготаяния. – Труды центрального института прогнозов, 1947, вып. 5(32), С. 44–47.
4. Лебедева Н.Д. Методика краткосрочного прогноза гидрографа притока воды к водохранилищу Камской ГЭС // Труды ЦИП, Вып. 130. М., Гидрометеиздат, 1963. С. 87–125.
5. Шутов В.А. Расчет таяния снежного покрова // Метеорология и гидрология, 1993, № 4. С. 20–27.

**СОДЕРЖАНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ ПОЧВ РЕЧНЫХ ДОЛИН ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ  
В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕНЕЗА**

*Ушаков Вадим Юрьевич  
Кандидат биологических наук,  
доцент кафедры физиологии растений и экологии почв  
Пермского государственного национального  
исследовательского университета, г. Пермь*

*E-mail: ushakovvad@yandex.ru*

*Алимова Гульсем Салимовна  
Начальник отдела экологических исследований ТКНС УрО РАН  
кандидат технических наук*

*E-mail: gulsem76@mail.ru*

*Федотов Сергей Васильевич  
Биологический факультет, 1 курс магистратуры  
Пермского государственного национального  
исследовательского университета, г. Пермь*

*E-mail: serj-h.fedotoff@yandex.ru*

**THE CONTENT OF RADIONUCLIDES OF SOILS OF RIVER VALLEYS OF THE TYUMEN  
REGION IN THE CONDITIONS OF TECHNOGENESIS**

*Ushakov Vadim Yurievich  
Candidate of Biological Sciences,  
Associate Professor of the Department of Plant Physiology and Soil Ecology  
Perm State National Research University, Perm*

*Alimova Gulsem Salimovna  
Head of the Department of Environmental Research,  
TCNS UB RAS candidate of technical sciences*

*E-mail: gulsem76@mail.ru*

*Fedotov Sergey Vasilyevich  
Faculty of Biology, 1st year Master's degree  
Perm State National Research University, Perm*

**Аннотация**

Проведена оценка содержания радионуклидов в почвах речных долин Тюменской области в условиях техногенеза. В данной работе были проанализированы 14 почв, располагающихся в долине рек Иртыш и Тобол: 9 дерново-луговых с разной степенью оглеености, 4 аллювиальных и 1 антропогенно-измененная темногомусовая с пахотным слоем. Проведен сравнительный анализ содержания радионуклидов.

Ключевые слова: почва, долина, загрязнение, радионуклиды, Cs, Th, Ra, K.

### Abstract

The assessment of the content of radionuclides in the soils of river valleys of the Tyumen region in the conditions of technogenesis was carried out. In this work, we analyzed 14 soils located in the valley of the Irtysh and Tobol rivers: 9 sod-meadow soils with varying degrees of oglenosti, 4 alluvial and 1 anthropogenic-modified dark humus with an arable layer. A comparative analysis of the content of radionuclides was carried out.

Keywords: soil, valley, pollution, radionuclides, Cs, Th, Ra, K.

В поймах аккумулируются разнообразные загрязнители техногенного происхождения.

Аккумуляция основной части загрязняющих веществ наблюдается преимущественно в гумусово-аккумулятивном почвенном горизонте, где они связываются алюмосиликатами, не силикатными минералами, органическими веществами за счет различных реакций взаимодействия. Состав и количество удерживаемых в почве элементов зависят от содержания и состава гумуса, кислотно-основных и окислительно-восстановительных условий, сорбционной способности, интенсивности биологического поглощения [3].

Загрязнение почв радионуклидами связано не только с близлежащими объектами радиоактивного загрязнения, но и с переносами воздушных масс, водной миграцией, материнскими породами и т.д. [4].

Загрязнение почв происходит различными путями: в форме атмосферных выпадений, поступления с почвенно-грунтовыми водами, вследствие химизации сельского и лесного хозяйства, за счет коммунальных отходов, отвалов, свалок, строительного мусора, разливов нефти и т.д. Для оценки возможного уровня загрязнения введено понятие антропогенной нагрузки.

Под антропогенной нагрузкой понимается уровень влияния комплекса источников и факторов воздействия всех видов хозяйственной деятельности на окружающую среду.

В результате антропогенной деятельности в окружающую среду поступает значительное количество загрязняющих веществ. [2].

Большая часть тяжелых металлов, поступивших на поверхность почвы, закрепляется в верхних гумусовых горизонтах. Там сорбируются на поверхности почвенных частиц, связываются с органическим веществом почвы, в частности в виде элементарно-органических соединений, аккумулируются в гидроксидах железа, входят в состав кристаллических решеток глинистых минералов, дают собственные минералы в результате изоморфного замещения, находятся в растворимом состоянии в почвенной влаге и газообразном состоянии в почвенном воздухе, являются составной частью почвенной биоты. [1]

В данной работе представлены результаты полевого исследования почв речных долин Тюменской области, проходившего в рамках учебной практики студентов третьего курса кафедры физиологии растений и экологии почв. За период полевых исследований было диагностировано 14 почв, располагающихся в долине рек Иртыш и Tobol: 9 дерново-луговых с разной степенью оглеенности, 4 аллювиальных и 1 антропогенно-измененная темногомусовая с пахотным слоем.

Основной задачей работы явилось полевая диагностика почв с основными морфологическими особенностями генетических горизонтов, определение количества радионуклидов Cs – 137, Th – 232, Ra – 226 и K – 40 в исследуемых почвах.

Исследования почв проводилось с использованием стандартных методов почвенного исследования. Глубина заложения разрезов определялась выявлением горизонта материнской почвообразующей породы. Отбор почвенных проб производили согласно ГОСТ 17.4.4.02 - 84. Точечные пробы отбирают на пробной площадке из одного или нескольких слоев, или горизонтов методом конверта, по диагонали или любым другим способом с таким расчетом, чтобы каждая проба представляла собой часть почвы, типичной для генетических горизонтов или слоев данного типа почвы. Точечные пробы отбирают ножом или шпателем из прикопок или почвенным буром.

Работа выполнена в рамках гранта Минобрнауки РФ "Антропогенная трансформация экосистем Обь-Иртышского бассейна АААА-А-19-119012190088-0).

В ходе исследований были построены графики содержания радионуклидов в почвах речных долин Тюменской области.

Содержание Th-232 (рис.1) в исследуемых почвах увеличивается вниз по почвенному профилю (таблица 1), что характерно для поступления радионуклидов от материнской породы.

Концентрация Cs-137 (рис.2), по сравнению с концентрацией Th-232 (рис.1), была максимальной в органогенных горизонтах, снижалась по направлению к литогенной материнской породе (таблица 2), что, возможно, свидетельствует об его аэральном пути поступления.

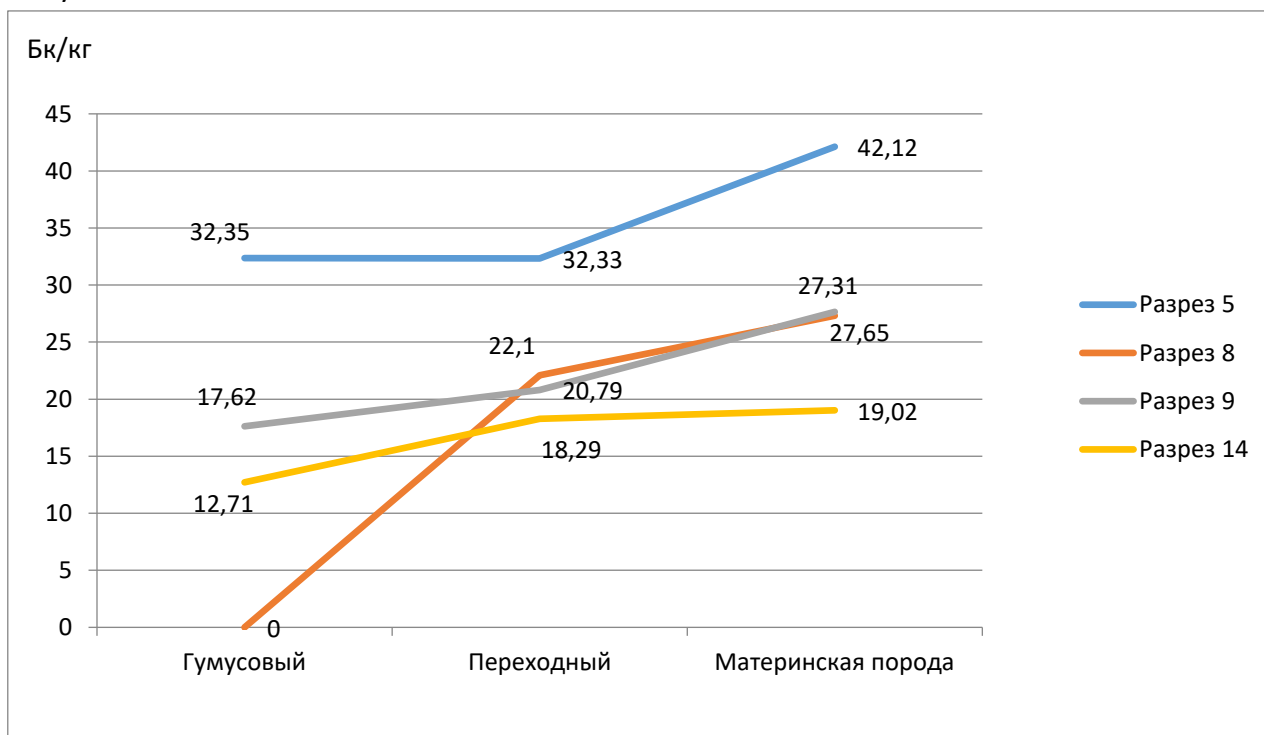


Рис 1. Содержание радионуклида Th – 232

Таблица 1.

## Содержание радионуклида Th-232 (Бк/кг) в исследуемых почвах

№ разреза, Дата взятия, Координаты.	Гумусовый	Переходный	Материнская порода
Разрез № 5; 19.06.2019; Широта N- 58.180417° Долгота E- 68.684567°	32,35	32,33	42,12
Разрез № 8; 28.06.2019; Широта N-58.613017° Долгота E-68.77035°	0	22,1	27,31
Разрез № 9; 01.07.2019; Широта N-58.192283° Долгота E-68.507317°	17,62	20,79	27,65
Разрез №14; 12.07.2019; Широта N-58.412917 Долгота E-68.44535°	12,71	18,29	19,02

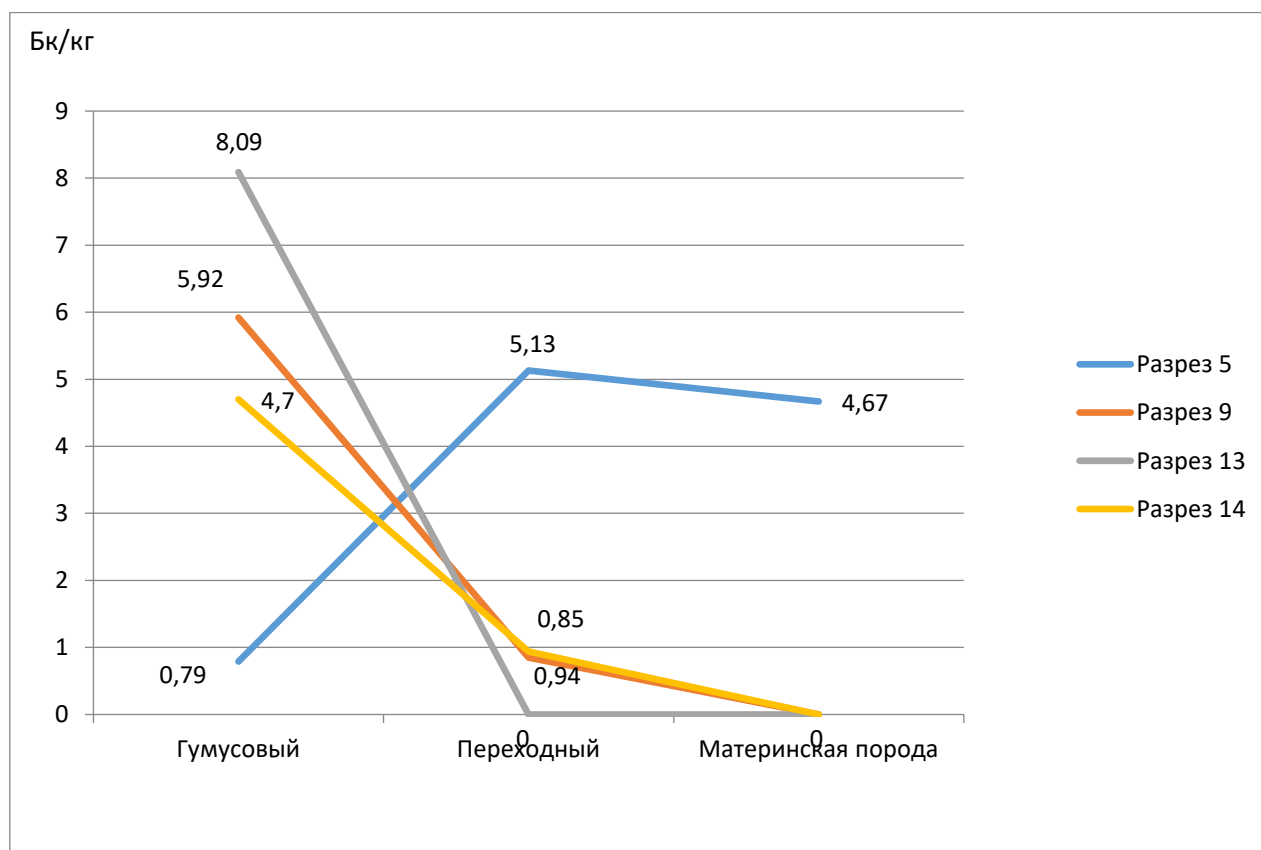


Рис. 2. Содержание радионуклида Cs-137

Таблица 2.

## Содержание радионуклида Cs-137 (Бк/кг) в исследуемых почвах

№ разреза, Дата взятия, Координаты.	Гумусовый	Переходный	Материнская порода
Разрез № 5; 19.06.2019; Широта N- 58.180417° Долгота E- 68.684567°	0,79	5,13	4,67
Разрез № 8; 28.06.2019; Широта N-58.613017° Долгота E-68.77035°	5,92	0,85	0
Разрез № 13; 11.07.2019; Широта N-58.124683° Долгота E-68.422217°	8,09	0	0
Разрез №14; 12.07.2019; Широта N-58.412917 Долгота E-68.44535°	4,70	0,94	0

## Выводы

1)Содержание Th-232 увеличивалось в направлении от органогенных к литогенным горизонтам почвенного профиля и зачастую превышало фоновые значения (в пределах 14 - 42 Бк/кг). Максимальное содержание тория-232 было обнаружено в антропогенно-измененной агротемногумусовой почве.

2)Содержание Cs-137 (в пределах 3 - 8 Бк/кг) во всех исследованных почвах было максимальным в органогенных горизонтах (гумусовый, гумусовый переходный), за исключением антропогенно-измененной агротемногумусовой почве.

3)Содержание Ra-226 и K-40 держалось на уровне фоновых значений во всех исследованных почвах.

## Список литературы

1. Вальков В.Ф., Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И., Кузнецов Р. В. Плодородие почв и сельскохозяйственные растения: экологические аспекты. Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2008 – 416 с.
2. Добровольский, Г.В. Деградация и охрана почв /Г.В. Добровольский. — МГУ, 2002. — 658с.
3. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв: учебник.: М Академический проект: Гаудеамус, 2007. 237 с.
4. Пивоваров, Ю.П. Радиационная экология: Учебное пособие студ. Вузов по спец. "Экология" / Ю.П. Пивоваров. М.: Академия, 2004. 240 с

**СОДЕРЖАНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВАХ ТАЕЖНО-ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ  
ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Ушаков Вадим Юрьевич*

*Кандидат биологических наук,*

*доцент кафедры физиологии растений и экологии почв*

*Пермского государственного национального*

*исследовательского университета, г. Пермь*

*E-mail: ushakovvad@yandex.ru*

*Алимова Гульсем Салимовна*

*Начальник отдела экологических исследований ТКНС УрО РАН*

*кандидат технических наук*

*E-mail: gulsem76@mail.ru*

*Халилов Рустам Ирекович*

*Биологический факультет, 1 курс магистратуры*

*Пермского государственного национального исследовательского университета,*

*г. Пермь*

*E-mail: halilovrustam891@gmail.com*

**CONTENT OF RADIONUCLIDES IN SOILS OF TAIGA-FOREST LANDSCAPES OF TYUMEN REGION**

*Ushakov Vadim Yurievich*

*Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Plant*

*Physiology and Soil Ecology*

*Perm State National Research University, Perm*

*Alimova Gulsem Salimovna*

*Head of the Department of Environmental Research, TCNS UB RAS*

*candidate of technical sciences*

*Khalilov Rustam Irekovich*

*Faculty of Biology, 1st year Master's degree*

*Perm State National Research University, Perm*

**Аннотация**

Цель исследования - определение количества радионуклидов Cs – 137, Th – 232, Ra – 226 и K – 40 в исследуемых почвах. В работе рассмотрены 13 почв, которые располагались в лесных и луговых растительных формациях и одна из почв располагалась в черте города. Были определены содержание радионуклидов Cs – 137, Th – 232, Ra – 226 и K – 40 в почвах. В данной работе был проведен сравнительный анализ содержания радионуклидов в органогенных и литогенных частях почвенного профиля. Так же было проведено сравнение содержания радионуклидов в реликтовой и более молодой частях почвенного профиля.

Ключевые слова: почва; ландшафты; лес; тайга; радионуклиды; Cs; Th; Ra; K.



## Abstract

The aim of the study is to determine the amount of Cs - 137, Th - 232, Ra - 226 and K - 40 radionuclides in the studied soils. The paper considers 13 soils that were located in forest and meadow plant formations and one of the soils was located within the city. The content of radionuclides Cs - 137, Th - 232, Ra - 226 and K - 40 in soils were determined. In this work, a comparative analysis of the content of radionuclides in organogenic and lithogenic parts of the soil profile was carried out. We also compared the content of radionuclides in the relict and younger parts of the soil profile.

Keywords: soil; landscapes; forest; taiga; radionuclides; Cs; Th; Ra; K.

С каждым годом, промышленный и транспортный комплекс увеличивают свои темпы развития и представляют собой серьезную угрозу загрязнения почв вредными соединениями и примесями. Негативные последствия их антропогенного загрязнения уже проявляются не только на региональном, но и на глобальном фоновом уровнях. В процессе техногенеза увеличивается содержание в биосфере, как тяжелых металлов, так и долгоживущих радионуклидов искусственного и естественного происхождения. Среди веществ антропогенного происхождения, радионуклиды представляют собой большую опасность. Загрязнение радионуклидами начинает занимать лидирующие строчки, по распространению. Так же почвенная оболочка земли — важнейший биотический адсорбент и нейтрализатор загрязнителей. Поэтому сохранение почвы Земли — важнейшее условие обеспечения и поддержания экологического равновесия в биосфере. [2,3]

Современное радиационное состояние природной среды обусловлено несколькими путями поступления радиоактивных элементов: 1) естественный путь (поступление из горных пород при процессах выветривания); 2) промышленный путь (выбросы производства); 3) горная промышленность и металлургия (поступление радиоактивных элементов при эксплуатации карьеров); 4) масштабные испытания ядерного оружия и аварии на АЭС.

Значительная часть радиоактивных изотопов, попадая на земную поверхность с осадками, мигрирует с поверхностным стоком в реки, грунтовые воды и проникает в почву. Затем происходит закрепление элементов в биоценотической системе «почва-растение».

В литературе встречается небольшое количество работ, посвященных радиоэкологии почв и водных систем на территории РФ [4,5]. Работы, проведенные в Тюменской области так же немногочисленны, и данные, представленные в них, лишь косвенно касаются исследованию почвенного покрова на предмет содержания радионуклидов [1].

Целью исследования данной работы являлась первичная диагностика и определение некоторых физико-химических показателей почв таежно- лесных ландшафтов Тобольского и Вагайского районов Тюменской области.

Так же были поставлены следующие задачи:

1. Полевая диагностика почв с основными морфологическими особенностями генетических горизонтов.
2. Определение количества радионуклидов Cs – 137, Th – 232, Ra – 226 и K – 40 в исследуемых почвах.

Работа выполнена в рамках гранта Минобрнауки РФ "Антропогенная трансформация экосистем Обь-Иртышского бассейна АААА-А-19-119012190088-0).

В данной работе были проанализированы 10 почв, располагавшихся под лесными фитоценозами (смешанные и хвойные леса), 2 - под луговыми растительными формациями и одна, диагностированная как дерново-карбонатная (карболитозем), находившаяся в черте г. Тобольск.

Некоторые почвы Сибири имеют в составе своего профиля реликтовые (вторые) гумусовые горизонты, являющиеся продуктами позднеголоценовой деградации черноземов.

Далее представлены рисунки сравнительных таблиц и диаграмм содержания радионуклидов Th и Cs в почвах с реликтовым гумусовым горизонтом.

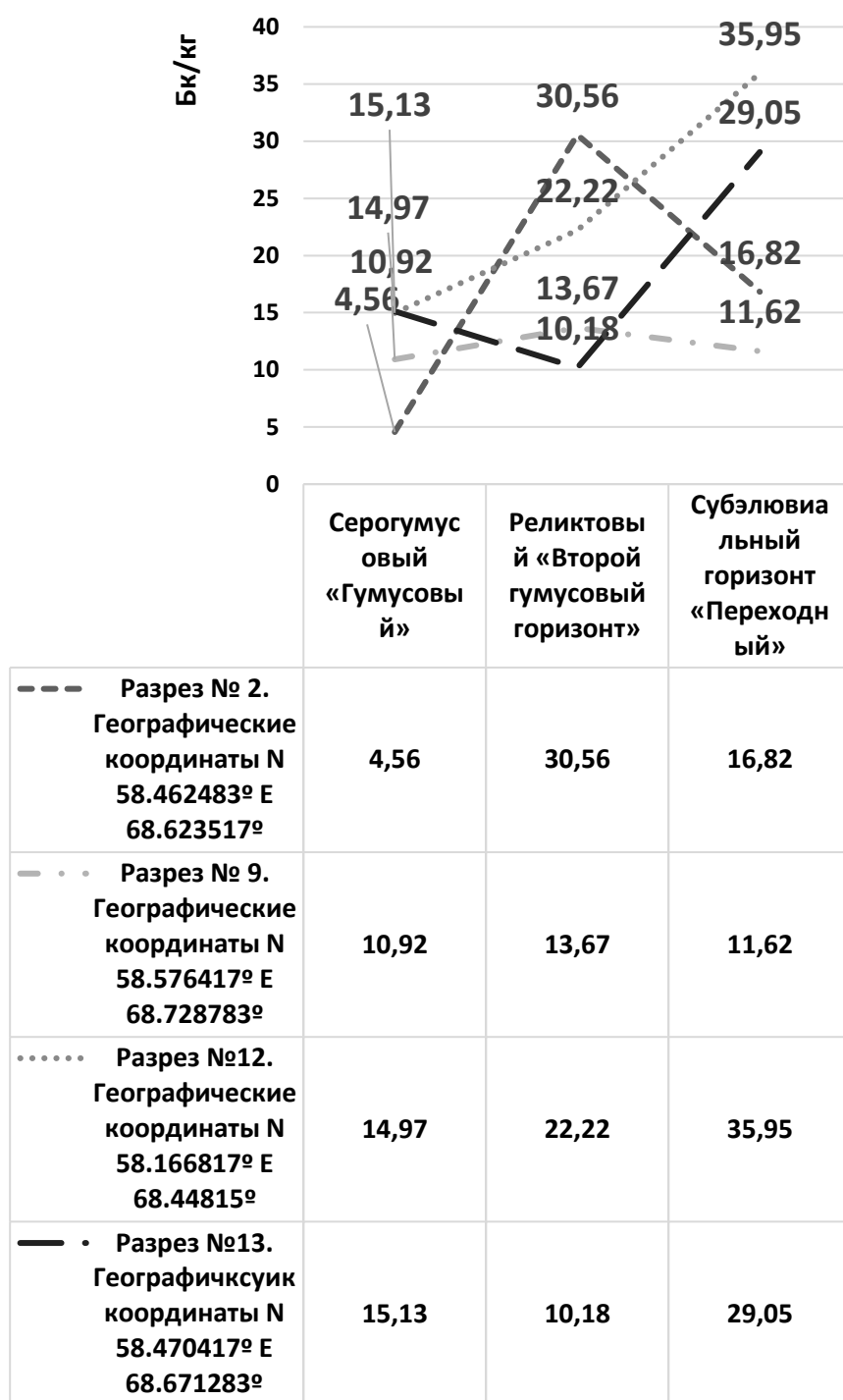


Рис.1. Содержание радионуклида Th-232

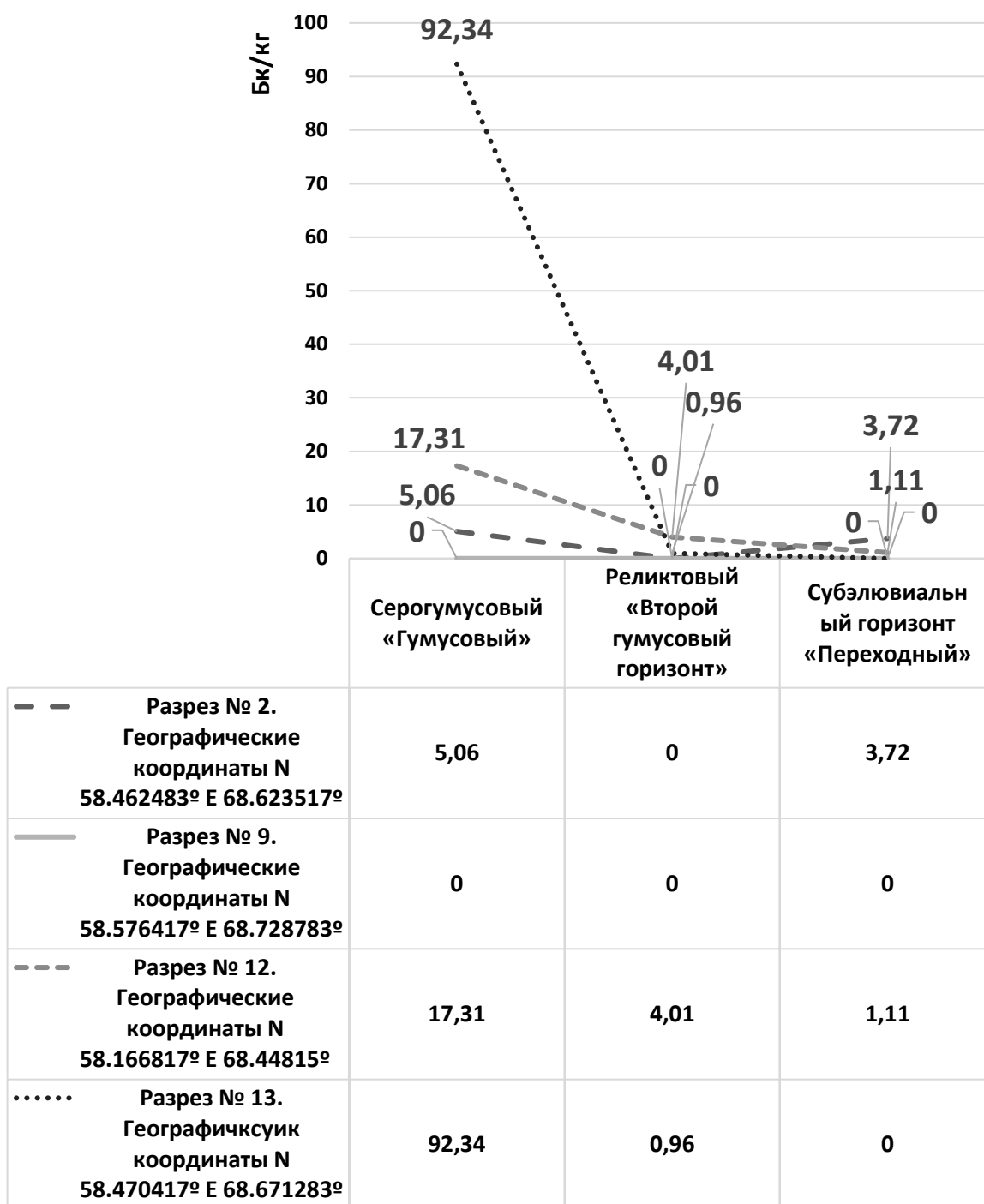


Рис. 2. Содержание радионуклида Cs-137

Сравнивая содержание исследуемых радионуклидов в современных и реликтовых гумусовых горизонтах, заметно некоторое повышение содержание Th-232 в последних.

Сравнивая содержание радионуклидов в органогенной и литогенной части почвенного профиля, можно заметить, что количество Th-232 несколько увеличивается к нижней части профиля, что, возможно, связано либо с его поступлением из подстилающих геологических пород, либо с его нисходящей миграцией вдоль профиля.

Концентрация Cs-137, в отличие от Th-232, напротив, в подавляющем случае была максимальной в органогенных горизонтах снижалась по направлению к литогенной материнской породе, что, возможно, свидетельствует об его аэральном пути поступления.

## Выводы

В реликтовых гумусовых горизонтах почвы количество Th-232 было несколько выше по сравнению с более «молодой» частью почвенного профиля. Содержание Cs-137, напротив, закономерно уменьшалось к реликтовой части почвенного профиля. Возможно, это косвенно подтверждает его современное техногенное происхождение.

1. Концентрация Th-232 увеличивается по направлению от органогенной к литогенной части почвенного профиля, содержание Cs-137 напротив, максимально в гумусовых горизонтах и уменьшается к нижней части профиля.

2. В дерново-подзолистой почве, расположенной в хвойном лесу, между деревьями концентрация Cs-137 в гумусовом горизонте превышала фоновое значение в 11 раз.

## Список литературы

1. Бурлаенко В.З. Оценка радиационного состояния компонентов природной среды юга Тюменской области: диссертация...кандидата биологических наук: 03.02.08 / Бурлаенко Василя Зиннуровна - Тюмень, 2018-147 с.

2. Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь. Кишинев: Главная редакция Молдавской Советской Энциклопедии, 1990. 408с.

3. Матвеевко Т.И., Крупская Л.Т., Дербенцева А.М. Оценка радиационного состояния почв и растительности в зоне влияния теплоэлектростанции. — Хабаровск: изд-во ИГД ДВО РАН, 2006. — 114 с.

4. Страховенко В.Д. Содержание радиоактивных элементов в почвах Сибири // Международная научно-практическая конференция «Радиоэкология XXI века», сборник материалов. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2011.

5. Трапезников А.В. Распределение радионуклидов в воде, донных отложениях и пойменных почвах нижней Оби в границах ямало-ненецкого автономного округа // Радиационная биология. Радиоэкология. - 2018. -том 58, №4-С.406-414.

*Научное издание*

**Вопросы гидрологии, геоэкологии и охраны водных объектов**  
**Hydrology, Geoecology and Protection of Water Bodies**

Материалы межрегиональной научно-практической конференции  
студентов, магистров и аспирантов  
(11 ноября 2020 г.)

Издается в авторской редакции

Техническая подготовка материалов: *О. А. Березина*

---

Объем данных 2,81 Мб  
Подписано к использованию 22.12.2020

---

Размещено в открытом доступе  
на сайте [www.psu.ru](http://www.psu.ru)  
в разделе НАУКА / Электронные публикации  
и в электронной мультимедийной библиотеке ELiS

Издательский центр  
Пермского государственного  
национального исследовательского университета.  
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15