

А. Б. Китаев, А. А. Шайдулина

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ РОДНОГО КРАЯ



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

А. Б. Китаев, А. А. Шайдулина

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ РОДНОГО КРАЯ

Учебное пособие для учителей средних учебных заведений,
студентов вузов



Пермь 2024

УДК 502.3: 556.552
ББК 26.22
К45

Китаев А. Б.

К45 Гидрологические исследования водных объектов родного края : учебное пособие / А. Б. Китаев, А. А. Шайдулина ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Пермь, 2024. – 148 с.

ISBN 978-5-7944-4102-4

Приводится оценка природных условий и гидрографическая характеристика территории Пермского края; рассматриваются программы и описываются методы полевых исследований водных объектов: рек, озер, болот и др. Анализируются факторы формирования и условия возникновения экологического риска на водных объектах; приводятся рекомендации по составлению экологического паспорта реки и краткий словарь необходимых терминов.

Пособие предназначено для учителей средних учебных заведений, студентов вузов по дисциплинам «Введение в гидрологию», «Гидрология суши» и широкого круга читателей.

УДК 502.3: 556.552
ББК 26.22

Печатается по решению методической комиссии географического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета

Рецензенты: руководитель Камского бассейнового водного управления Федерального агентства водных ресурсов Российской Федерации
Михайлов А. В.

учитель географии МАОУ СОШ № 76 г. Перми **Спешилова И. С.**

ISBN 978-5-7944-4102-4

© ПГНИУ, 2024
© Китаев А. Б., Шайдулина А. А., 2024

ВВЕДЕНИЕ

Известный русский ученый В.И. Вернадский писал, что «Вода стоит особняком в истории нашей планеты. Нет природного тела, которое могло бы сравниться с ней по влиянию на ход основных самых грандиозных, геологических процессов. Нет земного вещества – минерала, горной породы, живого тела, которое ее бы не заключало».

Наукой, изучающей природные воды Земли, сосредоточенные в поверхностных и подземных водных объектах, происходящие в них явления и процессы, является **ГИДРОЛОГИЯ**.

Водные объекты – это скопление природных вод на земной поверхности или в верхних слоях земной коры, обладающих определенным гидрологическим режимом.

Выделяют 3 группы водных объектов – водотоки, водоемы и особые водные объекты.

К водотокам относятся водные объекты на земной поверхности с поступательным движением воды в руслах в направлении уклона местности (реки, ручьи, каналы).

Водоемы – это водные объекты в понижениях земной поверхности с замедленным движением вод (озера, водохранилища, пруды, болота, а также океаны и моря).

Особые водные объекты – ледники и подземные воды (водоносные горизонты и артезианские бассейны).

Водные объекты могут быть постоянными и временными (пересыхающими).

Уже в глубокой древности, задолго до начала нашей эры, в связи с использованием рек как источников питьевой воды, для орошения и в транспортных целях, велись наблюдения за колебаниями уровня воды на крупнейших реках Востока, и появились первые попытки объяснить процессы, происходящие в них. В периоды расцвета древнеегипетской, древнегреческой и древнеримской культур, когда строились ирригационные системы, создавались искусственные водопроводы в городах, жрецы и философы пытались проникнуть в тайны круговорота воды на земле и объяснить происхождение рек и других водных объектов.

До начала XX в. гидрологические исследования носили разрозненный характер и сосредоточивались, главным образом, на отраслях, в которых были заинтересованы речной транспорт и орошаемое земледелие.

Гидрология как целостная наука создавалась в XX в., когда появились предпосылки для планомерного использования водных ресурсов. В этих условиях стал возможным комплексный подход к освоению водных ресурсов в интересах многих отраслей хозяйства.

На сегодняшний день перед гидрологией, как любой другой наукой, стоит ряд проблем, требующих нового подхода и применения современных методов для их решения. Главной из них является прогноз изменения водных ресурсов и режима водных объектов на ближайшую и более или менее отдаленную перспективу, соизмеряемую с развитием экономики и запроектированными сроками действия тех или иных сооружений или мероприятий, связанных с использованием водных ресурсов. Иными словами, это проблема гидрологического прогноза, необходимого для планирования выработки гидроэнергии, условий водоснабжения в области коммунально-бытового, промышленного и сельскохозяйственного производства, судоходства и т.п. Особенно важным является прогноз изменения количества и качества водных ресурсов и водного режима в условиях все более интенсивного вмешательства человека в природную среду. Исходя из этого, необходимы консолидированные усилия научного сообщества и заинтересованных в своем будущем простых граждан, направленные на сохранение водных ресурсов, их качества и улучшение состояния окружающей среды при возрастающей антропогенной нагрузке.

1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ БАССЕЙНА Р.КАМЫ

Река Кама – крупнейший приток Волги, берет начало с Уральских гор и впадает в Куйбышевское водохранилище. Длина реки 1805 км, площадь бассейна 507 тыс. км². Главными притоками являются реки Вишера, Чусовая, Белла (левобережные) и Вятка (правобережный).

В административном отношении в пределах бассейна р. Камы расположены полностью или частично 5 областей, 5 республик и один край (табл. 1; рис. 1).

Таблица 1

Площадь бассейна р. Камы в пределах субъектов Российской Федерации

№ п/п	Субъект Российской Федерации	Территория субъектов Российской Федерации		
		Всего, км ²	в пределах бассейна р. Камы	
			км ²	% площади бассейна р. Камы
1	Нижегородская область	74800	2840	0,6
2	Кировская область	120800	97920	19,3
3	Республика Марий-Эл	23200	3590	0,7
4	Республика Татарстан	68000	27560	5,4
5	Оренбургская область	124000	3620	0,7
6	Пермский край	160236	160040	31,6
7	Свердловская область	194800	31390	6,2
8	Челябинская область	87900	17000	3,3
9	Республика Башкортостан	143600	111950	22,1
10	Удмуртская Республика	42100	42100	8,3
11	Республика Коми	415900	8990	1,8
	Всего по бассейну Камы		507000	100

Рельеф

По характеру рельефа выделяются: Уральские горы или просто Урал (Средний и, частично, Северный и Южный); Восточно-Европейская равнина (восточная ее часть, называемая в дальнейшем западным Приуральем или Предуральем).

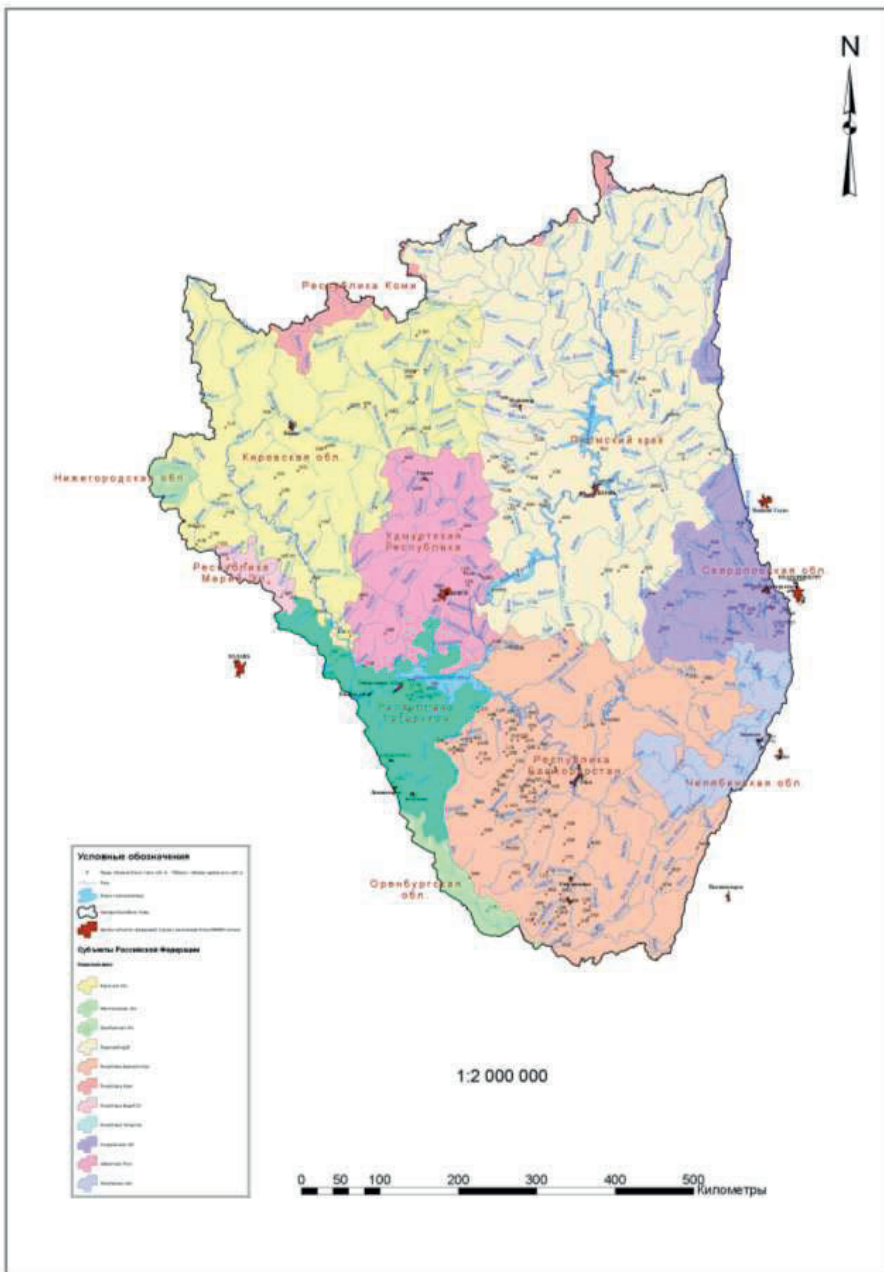


Рис. 1. Карта-схема бассейна р. Камы

Уральские горы характеризуются небольшой высотой, мягкими очертаниями и наряду с этим большой расчлененностью поверхности. Большая часть поднятий Урала не превышает отметок 400–600 м над уровнем моря, но отдельные возвышенности на юге и севере собственно горного Урала достигают высоты 1500–1600 м [18].

К западу от осевой зоны Северного Урала расположена система параллельных постепенно снижающихся хребтов. На значительном расстоянии от них протягиваются невысокие (400–500 м) лесистые плосковершинные возвышенности – пармы. От южной части Северного Урала отходит к северо-западу расчлененный долинами рек Полудов кряж (у г. Красновишерска он достигает высоты 529 м). Восточная зауральская цепь предгорий Северного Урала прерывиста, невысокие увалы чередуются с плоскими участками (270–280 м); отдельные вершины достигают значительной высоты - массив Чистоп (1292 м), Денежкин Камень (1492 м) и др.

Средний Урал (между 59°15' и 55°30'-56° с.ш.) представляет собой несколько приподнятую и расчлененную холмистую равнину с отдельными невысокими неправильно расположенными возвышенностями. Высота последних не превосходит в среднем 500–600 м и лишь на севере высшая точка Среднего Урала – гора Средний Басег имеет отметку 994 м.

Общий сглаженный характер местности нарушается глубоко врезанными речными долинами с крутыми скалистыми склонами (например, долиной р. Чусовой, ниже пгт Староуткино).

Западные предгорья Среднего Урала представлены невысокими кряжами, поднимающимися среди выровненных пространств – хребты Басеги (993 м), Белый Спой (568 м), Киргишанский увал (555 м), Бардымский хребет (681 м) и др.

Близко к низкогорному Среднему Уралу подходит плоское Уфимское плато, отделенное от него Юрюзано-Сылвинской равниной. Плато обычно рассматривается вместе с Уральскими поднятиями, хотя его возникновение обусловлено выступом кристаллического фундамента Русской платформы. Плато сильно расчленено каньонообразными долинами рек бассейна Уфы, в которые открываются суходолы длиной в несколько десятков километров. В восточной части отдельные точки плато превышают 500 м (гора Голая 517 м), на запад оно полого опускается до 250–300 м абс. Вместе с Сылвинским кряжем плато тянется в меридиональном направлении от р. Сылвы до хребта Каратау (высшая точка 815 м). К северо-западу от Уфимского плато протягивается Кунгуро-Красноуфимское плато [18].

Южный Урал (от 55°30'-56° с.ш. до южной границы рассматриваемой территории) представляет собой среднегорную страну с наиболее мощными, в пределах района, горными сооружениями, которые сосредоточены в основном

в бассейне р. Белой. Горная зона расширяется здесь до 150–200 км. Водораздельный хребет Уралтау представляет собой стеноподобную гряду высотой до 1000 м абс.

Восточно-Европейская равнина, заходящая в пределы района своей восточной частью, на отдельных участках имеет холмистый рельеф. Для нее характерны возвышенные изрезанные междуречья и широкие речные долины с пологими террасированными склонами.

Это пространство с трудом поддается делению на орографические однородные части. Наиболее пониженной является юго-западная часть бассейна р. Вятки, где низина, пересекаемая ее притоком, р. Пижмой, имеет отметки около 100–145 м абс., а водоразделы поднимаются не выше 170–180 м. Низменным является и левобережье р. Вятки. По среднему течению р. Камы расположена обширная равнина с отметками 100–150 м. На севере, по водоразделу с бассейном р. Северной Двины, в широтном направлении среди заболоченной местности протягивается полоса сглаженных возвышенностей – так называемых Северных Увалов с высотами чуть более 200 м.

В верхнем течении рек Камы и Вятки расположена плоская Верхне-Камская возвышенность, глубоко расчлененная реками. Отметки широких и плоских водоразделов здесь не превышают 330 м. Река Вятка в среднем течении после поворота на юго-восток прорезает ясно очерченный Вятский Увал, вытянутый с севера на юг. Отдельные останцы вала поднимаются до 250–280 м абс. В южном Предуралье расположена Бугульминско-Белебеевская возвышенность, смыкающаяся на западе с поднятиями Общего Сырта. Наивысшие точки ее достигают 450–480 м.

Геологическое строение

Геологическое строение территории, как и рельеф, отличается значительным разнообразием. Уральская горная страна зажата между двумя платформенными образованиями: с запада – Русской платформой, с востока – Сибирской плитой.

Русская платформа и система горного Урала разделены меридионально вытянутым Предуральским краевым прогибом, который прослеживается в рельефе в виде Юрюзано-Сылвинской равнины и Бельской депрессии.

Уральская складчатая страна в тектоническом отношении представляет ряд меридионально вытянутых, громадных по размерам и сложных по строению поднятий земной коры и чередующихся с ними ее погружений

Современный облик Урала сложился в основном под влиянием (неогеновых и четвертичных) глыбовых вертикальных движений древних складчато-

сбросовых массивов, эрозионной деятельности рек и длительных процессов выветривания. Характерным является приуроченность хребтов к антиклинальным структурам, депрессий – к синклинальным. При этом все поднятия сложены наиболее устойчивыми породами, а депрессии связаны с выходами пород, более подверженных разрушению.

Наиболее широко распространены на Урале толщи сложнодислоцированных палеозойских отложений. В них циркулируют воды, составляющие основную долю в подземном питании рек, стекающих с Уральских гор. Четвертичный покров обычно имеет незначительную мощность.

Возвышенности западного склона сложены исключительно осадочными породами (песками, глиной, песчаниками, конгломератами, известняками, глинистыми сланцами и др.). Различные по возрасту и составу породы простираются полосами в меридиональном направлении [18].

Восточно-Европейская равнина (в рассматриваемых границах) сложена толщей большей частью горизонтально залегающих осадочных пород на докембрийском гранито-гнейсовом фундаменте Русской платформы. Неравномерные вертикальные движения земной коры обусловили возникновение местами валов и возвышенностей. Наиболее широкое распространение имеют отложения Верхней Перми. Среди них татарские отложения (в западной и центральной частях района) представлены пестроокрашенными глинами и мергелями, часто чередующимися с прослоями известняков и песчаников. В верхней части бассейнов рек Камы и Вятки они перекрыты пластами юры и нижнего мела, состоящими из мергелей, глин и песков. В зоне Вятского Увала среди пестрых мергелей залегают известняки и гипсы казанского яруса. Вблизи долины р. Камы татарские отложения выклиниваются, уступая место казанским, в которых среди красно-цветных глин и песчаников иногда встречаются прослои известняков и мергелей.

Далее к востоку по левобережью р. Камы в ее среднем течении и вдоль нижнего течения р. Белой залегают нижнепермские уфимские отложения. Для них в отличие от казанских отложений характерны прослои гипса. В краевой зоне Русской платформы распространены нижнепермские легко растворимые породы, что обусловило развитие здесь карстовых явлений и форм рельефа. Так, в сводовой части Уфимского поднятия обнажаются рифогенные и плиточные известняки артинского яруса. К западу их сменяют известняки и доломиты, а далее – гипсы и ангидриты Кунгура (мощностью до 120–150 м). На востоке распространены толщи песчаников, конгломератов, глинистых сланцев, глин с прослоями известняков [18].

Предуральский краевой прогиб заполнен слабо дислоцированными пермскими преимущественно осадочными породами, среди которых характерны со-

леносные толщи (район г. Соликамска), отложения гипсов и ангидритов. На равнине палеозойские породы почти повсеместно перекрыты маломощными четвертичными отложениями, представленными в основном суглинками, глинами, на некоторых участках песками, подстилаемыми глинами; по северной окраине бассейна р. Камы – флювио-гляциальными песками. По долинам крупных рек залегают аллювиальные песчаные отложения.

Карст развит в районах распространения легко растворимых пород – преимущественно в Предуралье и на западном склоне Урала. На восточном склоне карст отмечается на сравнительно небольших площадях.

Карстовые явления на Урале приурочены в основном к долинам рек, участкам наибольшей трещиноватости пород (особенно к сложным узлам сопряжения трещин различного направления), к местам тектонических нарушений и к линиям контактов карстующихся пород с песчанико-сланцевыми толщами. При этом характерна частая смена некарстующихся и карстующихся пород. К последним относятся карбонатные, сульфатные и галогенные породы.

В Предуралье карстующиеся породы обычно покрыты скоплением нерастворимых остатков и крупными обломками этих же пород (покрытый карст). В горной зоне встречаются районы, в которых растворимые породы закрыты глинистыми и песчаными наносами (закрытый тип карста), и отдельные участки, где эти породы выходят на поверхность (обнаженный карст). В долинах рек бассейна Камы (рек Чусовой, Сылвы, Ирени и др.) карст развивается под речными отложениями.

Почвенный покров

Неоднородность природных условий района определяет разнообразие его почвенного покрова [18].

Урал. В предгорьях и лесных районах Северного Урала, как на западном, так и на восточном склонах, преобладают горно-таежные подзолистые и дерново-подзолистые почвы, развитые на плотных породах. На высотах 300–500 м распространены бедные гумусом горно-таежные кислые неоподзоленные почвы. На западных хорошо увлажненных склонах выше границы лесов развиты горно-луговые почвы.

На Среднем Урале, вследствие незначительной его высоты, поясность в распространении почв почти не выражена. Здесь почвенный покров отличается значительной пестротой, состоит из горно-таежных подзолистых, типично - и дерново-подзолистых, местами горно-луговых и торфяно-болотных почв.

На западном склоне Южного Урала до высоты 400–500 м преобладают оподзоленные и выщелоченные черноземы, а также серые лесные почвы. По

восточному склону на степных участках развиты горные черноземы, под лесом (до высоты 700–800 м) – горно-лесные серые и горно-таежные подзолистые почвы. Горно-луговые, альпийские почвы распространены в горах на высоте более 900–1000 м.

По механическому составу почвы горного Урала преимущественно щебнистые. Вдоль всего Урала по его наиболее высоким горным вершинам прослеживаются каменистые и галечно-хрящеватые почвы. Почвы, залегающие на массивных кристаллических породах, маломощны, образуют слой всего в 10–15 см, характеризуются наличием в поверхностном горизонте щебенчатого или каменистого материала. На пологих склонах и террасовых уступах почвы пылевато-суглинистые. На красных пермских глинах западного склона тянутся полосы коричнево-бурых глинистых почв: известнякам сопутствуют мергелисто-известняковые щебнистые почвы. В поймах рек почвы аллювиальные.

География почв равнинных частей территории более проста.

Восточно-Европейская равнина. На севере равнинной части территории распространены подзолистые песчаные и супесчаные почвы, подстилаемые глинами (мореной). Равнинный рельеф и близость водоупора (на глубине около 1 м) создали благоприятные условия для заболачивания. Среди массивов подзолистых почв на очень плоских слабо дренированных междуречьях, по депрессиям рельефа, по периферии болот развиты подзолисто-болотные почвы. На обширных древних речных террасах, сложенных песками, в понижениях формируются торфяные и торфяно-глеевые почвы.

Южнее, под пологом хвойных лесов, на обширной территории распространены дерново-подзолистые почвы разной степени оподзоливания, большей частью средне и легкосуглинистые, местами песчаные и супесчаные. По долинам р. Камы и ее притоков песчаные и супесчаные почвы развиты на современных аллювиальных отложениях и в пределах древних террас.

На южной окраине лесной зоны преобладают дерново-подзолистые и серые лесные оподзоленные почвы, большей частью суглинистые и тяжелосуглинистые.

В южной части равнинной территории, в зоне лесостепи, серые лесные почвы сменяются оподзоленными, выщелоченными и тучными черноземами на глинистых и суглинистых материнских породах.

На Бугульминско-Белебеевской возвышенности развиты обыкновенные и карбонатные черноземы, содержащие в поверхностном слое много камней и щебенки.

Растительный покров

Равнинные части бассейна р. Камы относятся в основном к лесной и лесостепной природным зонам. Возвышенности Урала покрыты горными лесами. В пределах наиболее значительных поднятий выше лесов распространена растительность подгольцового (субальпийского) и гольцового (альпийского) поясов.

Естественный растительный покров во многих местах нарушен хозяйственной деятельностью человека. Пашнями заняты большие площади в зоне лесостепи, а также в западной части лесной зоны (бассейн р. Вятки); сильно вырублены леса в районах их сплава и в горнозаводских районах Урала. Предгорья западного склона Северного Урала покрыты таежными, пихтово-еловыми лесами с подстилкой из блестящих мхов и низкорослого кисличника. На высоте 300–450 м к ели и пихте примешивается кедр.

Осевая часть Северного Урала также покрыта таежными лесами, но с увеличением высоты тайга становится реже, развиваются пышные папоротниковые заросли. На высоте 600–700 м проходит верхняя граница леса. В подгольцовом поясе (выше 600–700 м) чаще всего на отлогих местах преобладают горные луга (главным образом на западном склоне), заросли папоротников и мелких кустарников. На отдельных вершинах подгольцовый пояс незаметно переходит в горную тундру (гольцовый пояс), где среди скал и каменистых глыб к местам скопления мелкозема приурочена скудная растительность из мхов и лишайников. На восточном склоне гор ниже редколесья распространены лиственнично-сосновые горные боры, а на высоте около 300 м – боры среднетаежного типа.

На Среднем Урале высотная зональность в распределении растительности не выражена; наряду с пихтово-еловыми лесами и горными сосняками развиты на месте вырубок березовые и осиновые леса вторичного типа. Большие площади тайги расчищены под сельскохозяйственные угодья.

На Южном Урале нижние части предгорий до высоты 400–500 м заняты лесостепью, которая ближе к горам сменяется лесами из липы с ильмом и кленом. До высоты около 1000 м простирается пояс широколиственных лесов с преобладанием липы в межгорных долинах и дуба на склонах. На месте вырубок растут осиново-березовые леса. Более засушливый восточный склон до высоты 700–800 м занят разреженными березняками, остатками лиственнично-сосновых лесов и участками степей. Пояс таежных лесов в Южном Урале прослеживается только на наиболее высоких хребтах – Зигальга, Нары, горах Ямантау, Ирмель и др. Над тайгой поднимаются отдельные безлесные вершины.

Восточно-Европейская равнина. В рассматриваемых границах большая часть территории входит в лесную зону. Южная граница лесной зоны протяги-

вается от устья р. Вятки по р. Каме до р. Белой, затем идет вдоль р. Белой, севернее городов Бирска и Уфы. На севере это среднетаежные леса с преобладанием ели и примесью пихты, местами в сочетании с осиновыми и березовыми лесами и сфагновыми болотами, на песках – сосновые леса. В бассейне р. Вятки и на расчлененной Верхне-Камской возвышенности в подлеске еловых лесов широко распространены липа и ильм. На бедных почвах примесь широколиственных пород заметно уменьшается. На плоских водоразделах, в котловинах встречаются заболоченные пихтово-еловые леса со сфагновым покровом. В средней полосе преобладает южная тайга с обильным травянистым покровом. На южной окраине лесной зоны распространены сильно разреженные смешанные леса из ели и пихты, в подлеске из клена, дуба, липы, ильма. По Уфимскому плато эти леса заходят далеко на юг, разделяя Бирскую и Айскую лесостепи. Южнее границы лесов в зоне лесостепи и степи преобладает культурный ландшафт. На Бугульминско-Белебеевской возвышенности и вдоль предгорий Урала открытые участки перемежаются с остатками липовых лесов или дубрав. В степную зону попадает лишь верхняя часть бассейна р. Демы.

Климат

Расположение рассматриваемой территории в центре материка Евразии определяет резко континентальный характер ее климата, выражающийся в больших колебаниях температуры воздуха как внутри года, так и в течение суток. Наряду с этим велико влияние на климат Урала морских воздушных масс, несущих влагу с Атлантического океана.

Особенности рельефа территории обуславливают наличие хорошо выраженной широтной зональности в изменении климата на равнине и вертикальной поясности в горах Урала. Многоснежная суровая зима и короткое прохладное лето на севере, малоснежная морозная зима и сравнительно жаркое лето в районах крайнего юга – таковы основные различия климата по широте.

Зимой рассматриваемая территория находится под преимущественным влиянием сибирского антициклона, обуславливающим повсюду устойчивую морозную погоду; более многоснежную зиму в Предуралье и на склонах гор, Наблюдаются частые вторжения холодных воздушных масс с севера, а также прорывы южных циклонов, с которыми связаны резкие изменения погоды.

Летом территория находится в основном в области низкого давления. Нередко происходит вторжение воздушных масс с Баренцева и Карского морей, а также с Азорских островов. В последнем случае на юге рассматриваемой территории наблюдается жаркая и даже засушливая погода.

Температура воздуха. Средняя годовая температура воздуха равнинной части бассейна р. Камы изменяется с севера на юг от 0°C до 3°C (рис. 2).

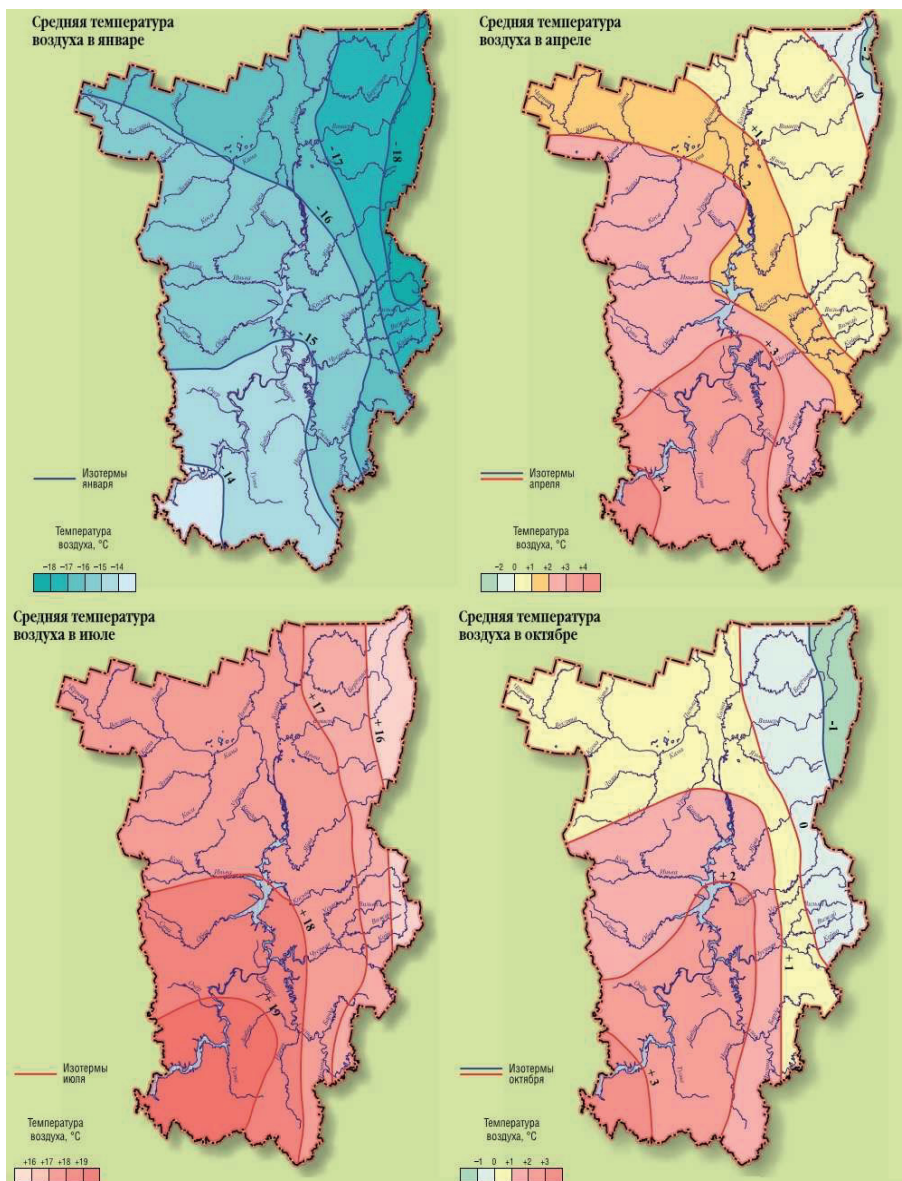


Рис. 2. Средняя температура воздуха по сезонам [1]

В горных районах с увеличением высоты местности над уровнем моря наблюдается понижение температуры воздуха на 0,5–0,7°С на 100 м. В холодный период градиент температуры меньше, чем в теплый; во многих случаях под влиянием местных особенностей рельефа имеют место температурные инверсии, т.е. наблюдается рост температуры воздуха с высотой. В среднем за год температура воздуха ниже на вершинах гор и в пониженных формах рельефа.

Самый холодный месяц – январь. Средняя температура воздуха в январе повышается с севера на юг, составляя в бассейне р. Камы от -17°С до -14°С. Абсолютные минимумы температуры воздуха приходятся на декабрь-февраль (-45°С -48°С в бассейне р. Камы). В отдельных районах горной части территории вследствие их микроклиматических особенностей возможны более низкие абсолютные минимумы температуры воздуха (ст. Верхняя Косьва -54°С).

Переход средней суточной температуры воздуха через -5°С весной обычно происходит во второй половине марта (в бассейне р. Камы – в течение третьей декады). Переход температуры воздуха через 0°С наступает в равнинной части бассейна р. Камы в среднем 5–10 апреля.

Самый теплый месяц – июль. Средняя температура воздуха в июле на севере района составляет 16-17°С, а на юге превышает 19°С; особенно жарким лето бывает в равнинной части бассейна р. Белой. В августе температура воздуха понижается, но остается достаточно высокой; в отдельные редкие годы она снижается до 5°С.

Устойчивый переход через 5°С осенью происходит в конце сентября-начале октября. Средней датой перехода через 5°С является 25 сентября на севере и 10 октября на юге.

Оттепели зимой – явление редкое и весьма кратковременное. Температура воздуха выше 0°С удерживается, как правило, только в дневное время в течение нескольких часов, что не обеспечивает условий для снеготаяния.

Атмосферные осадки. Годовые суммы осадков изменяются по территории в больших пределах (рис. 3). Ливни – частое явление на территории Среднего Урала и Приуралья. В большинстве случаев слой осадков за ливень менее 10 мм, ливней со слоем осадков более 10 мм в среднем за теплый сезон не более 7 (в равнинных районах 3–5, в горных 4–7 мм). Ливни со слоем осадков <10 мм бывают, как правило, кратковременными, а со слоем >10 мм продолжаются обычно в течение 3–9 ч и более; лишь для отдельных выдающихся ливней эта закономерность нарушается. Интенсивность дождя может достигать 5–7 мм/мин и более, но повторяемость таких ливней не превышает 3%. В 40–60% случаев интенсивность дождей меньше 0,4 мм/мин.

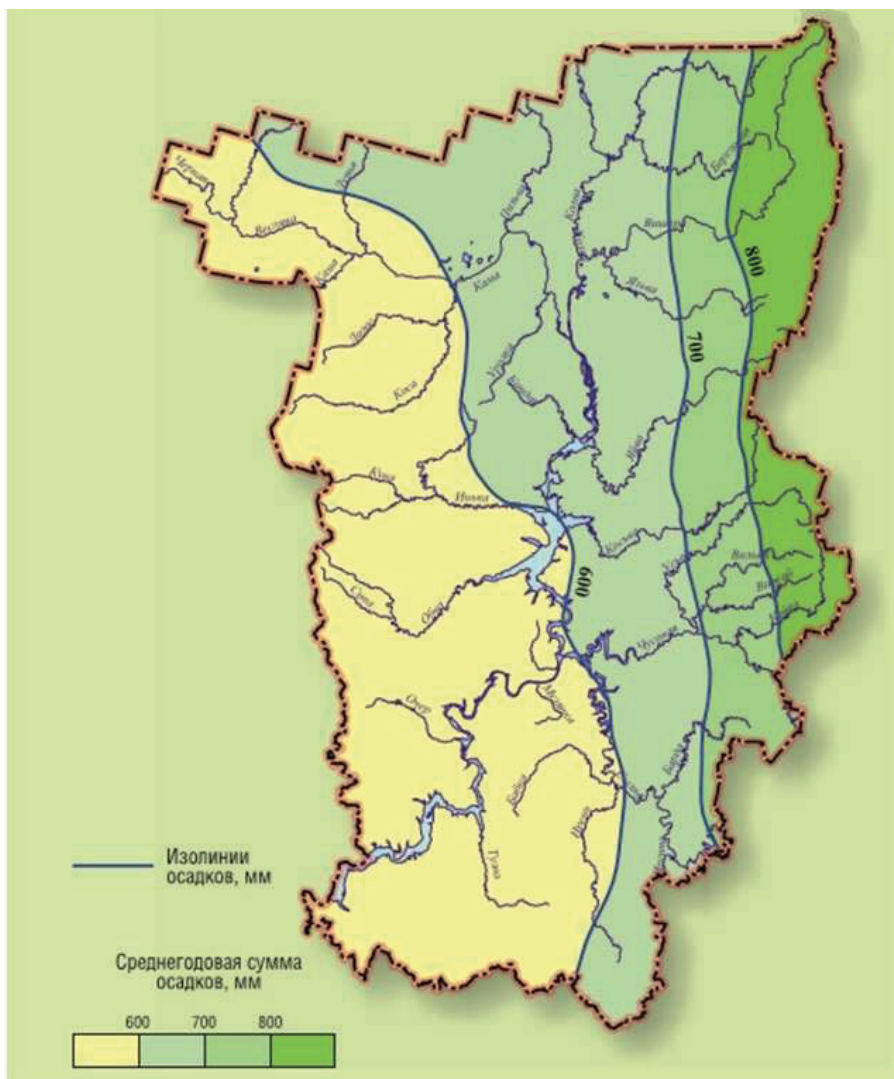


Рис. 3. Среднегодовая сумма осадков на территории Пермского края [1]

Несмотря на достаточное и избыточное увлажнение большей части территории в отдельные годы могут наблюдаться засухи, особенно в южных районах. Так, если средняя продолжительность бездождевого периода, как правило, составляет 3–4 дня, то в отдельные годы она доходит до 24–35 дней.

Снежный покров. Первое появление снежного покрова отмечается в сентябре на севере горных районов, в середине октября – в предгорьях, а к концу октября – на остальной территории.

Первый снег обычно стаивает. Устойчивый снежный покров образуется в конце октября-начале ноября. Происходит его интенсивное нарастание на склонах гор. По приблизительным подсчетам с учетом высотного градиента осадков на хребтах высотой 700–800 м на севере территории годовые суммы осадков достигают 1300–1600 мм. В горных долинах годовая сумма осадков равна 850–950 мм. На Среднем Урале в северной возвышенной части годовые суммы осадков составляют 800–900 мм, а в южной пониженной части – 600–700 мм. Особенно велики изменения осадков на Южном Урале. Если на хребтах высотой 800–1000 м осадки по приблизительным подсчетам достигают 1200–1500 мм, то на равнинной территории в Предуралье – 500–600 мм.

В течение года осадки выпадают неравномерно. Большая их часть, до 70% годовой суммы, выпадает в теплый период года. В бассейне р. Камы количество летних осадков в 1,4–1,7 раза превышает количество зимних. Наибольшее количество осадков за холодный период отмечается в горах Северного и Южного Урала (по приближенным подсчетам 500–450 мм); несколько меньше (свыше 300 мм) в долинах р. Белой и ее притоков – рек Зилим, Сим и Уфа (от ст. Архангельское до ст. Караидель). На остальной территории бассейна р. Камы количество осадков убывает с севера на юг от 250 до 200 мм, несколько превышая верхний предел лишь в районах Верхне-Камской возвышенности и Сылвинского кряжа.

Распределение по территории количества осадков за теплый период аналогично распределению годовых сумм, что объясняется большим удельным их весом в годовых осадках. Количество осадков за теплый период уменьшается с севера на юг от 400 до 350 мм, в горных районах и на возвышенных западных склонах Уральских гор их сумма достигает 750–950 мм.

На большей части территории минимум осадков за год отмечается в феврале и лишь на севере бассейна р. Камы – в марте или апреле. Наибольшее количество осадков наблюдается преимущественно в июле. В горной части территории, а также в пределах западных предгорий основной максимум сдвигается на октябрь-ноябрь, однако в большинстве случаев он мало отличается от суммы осадков за июль. Число дней с осадками $<0,1$ мм колеблется по территории от 125 до 300, уменьшаясь с севера на юг от 200 до 140 дней в Предуралье. Наибольшее число дней с осадками (200–300) наблюдается на западных склонах Урала. Осадки <10 мм на большей части территории отмечаются 10–12 дней в году. В горных районах число дней возрастает до 15, а в степной зоне уменьшается до 6–8. Число дней с осадками <20 мм невелико, в среднем 1–3 за год.

Средние многолетние суточные максимумы осадков в большинстве своем изменяются от 25 до 35 мм, увеличиваясь в горах до 40–50 мм. Редко повторяющиеся суточные максимумы осадков снежного покрова наблюдаются в начале зимы (ноябрь–декабрь).

Высота снежного покрова на открытых участках значительно меньше, чем в лесу или в защищенных от ветра местах. Максимальные объемы снегозапасов наблюдаются обычно перед таянием снега весной. Снег стаивает весьма неравномерно, особенно в степных и горных районах. Раньше исчезает снег с открытых возвышенных мест. Средняя интенсивность снеготаяния на полевых участках в бассейне р. Камы равна 6–9 мм/сутки.

Средняя продолжительность снеготаяния составляет 33 дня. Устойчивый снежный покров на юге равнинной части сходит во второй декаде апреля, а к концу месяца происходит разрушение снежного покрова на северной половине территории. На горных северных склонах снег может сохраняться до конца мая – начала июня.

2. ГИДРОГРАФИЯ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Гидрографическую сеть Пермского края составляют реки, сооруженные на них водохранилища и пруды, а также озера и болота. Основой этой системы являются, безусловно, реки.

Реки

Располагаясь в зоне преимущественно достаточного и даже частью избыточного увлажнения, Пермский край богат реками. В нем насчитывается более 29 тыс. учтенных больших и малых рек, общая протяженность которых составляет около 90 тыс. км². Следовательно, на один квадратный километр площади приходится в среднем по 0,5–0,6 км речной сети. Однако, в связи с различиями климата и рельефа, густота речной сети не одинакова: в северной и горной северо-восточной частях области она достигает 0,7–0,8 км/км², а на крайнем юге и юго-западе снижается примерно вдвое.

Сопоставление общего числа рек и их суммарной длины показывает, что значительную часть составляют малые водотоки длиной менее 10 км. Так, 120 рек края имеют протяженность более 50 км, 42 реки – более 100 км и 19 рек – более 200 км. Основные сведения о последней немногочисленной группе рек приведены в табл. 2.

Главной водной артерией Пермского края является р. Кама. Пройдя около 500 км от истоков в Удмуртии через Кировскую область, она вступает в пределы Пермского края как достаточно крупная река, сравнимая с ее притоками Везляной или Косой. Протекая по северу территории, Кама пополняется водами многих полноводных притоков, и к участку резкого поворота на юго-восток и затем на юг (с. Бондюг) увеличивает свою водоносность более чем в шесть раз.

Далее, вплоть до г. Перми, сток р. Камы увеличивается еще более интенсивно. Справа в нее впадают достаточно крупные реки Иньва и Обва. Однако наибольший приток воды происходит за счет левобережных горных притоков – Вишеры, Яйвы и Косьвы, а также далее к югу – р. Чусовой и Сылвы. В результате водоносность Камы возрастает на границе края по сравнению с исходной в 26 раз. Далее, вплоть до выхода за пределы края, значительные притоки в Каму не впадают, а увеличение ее водоносности к устью еще в 2,3 раза происходит за счет вод рук Белой и Вятки.

**Гидрографическая характеристика наиболее крупных рек
Пермского края [18]**

Река	Куда впадает (река-приемник)	Длина, км	Водосборный бассейн	
			Площадь, тыс.км ²	Средняя высо- та, м
Кама *	Волга	1805	507	-
Весляна	Кама	266	7,49	193
Коса	Кама	267	10,3	180
Тимшер	Юж.Кельтма	235	2,65	-
Пильва	Кама	214	2,02	174
Вишера	Кама	415	31,2	317
Глухая Вильва	Язьва	234	1,74	-
Колва	Вишера	460	13,5	233
Березовая	Колва	208	3,61	296
Яйва	Кама	304	6,25	297
Иньва	Кама	257	5,92	188
Косьва *	Кама	283	6,30	387
Обва	Кама	247	6,72	191
Чусовая	Кама	592	23,0	356
Усьва	Чусовая	266	6,17	390
Сылва *	Чусовая	493	19,7	227
Барда	Сылва	209	1,97	245
Ирень	Сылва	214	6,11	232
Сива *	Кама	206	4,87	167
Буй *	Кама	228	6,53	153

Примечание: * – названия рек, частично протекающих за пределами Пермского края

В естественном состоянии общая длина р. Камы составляла 2032 км. В настоящее время в результате спрямления излучин камскими водохранилищами, а также подпора ее устья Куйбышевским водохранилищем на р. Волге длина Камы сократилась до 1805 км. Изменение положения устья Камы вызвало сокращение ее водосборной площади на 3%, которая составляет в настоящее время 507 тыс. км² [6, 8]. По длине р. Кама занимает 7-е место в Европе, после Волги, Дуная, Урала, Днестра, Дона и Печоры. Однако по водоносности она уступает лишь Дунаю и Печоре. Даже на выходе из края Кама более полноводна, чем, например, Днепр, Рона или По.

Главным критерием, позволяющим более правильно ранжировать реки, является их водоносность. Как видно из табл. 2, многие реки края – притоки Камы или притоки ее притоков, это довольно крупные водные артерии, способные соперничать по длине и особенно по водоносности с рядом «самостоятель-

ных» рек. Наиболее протяженными являются реки Чусовая и ее приток Сылва, а также Вишера и ее приток Колва. По величине среднего годового стока первое место занимает р. Вишера. Она превосходит по этому показателю р. Каму до места их слияния на 20%. Вишера полноводней таких рек, как Урал, Кубань и Терек.

Важной гидрографической особенностью рек является их гидрологический режим, отражающий характер изменения во времени основных параметров этого режима. Как водоносность, так и гидрологический режим определяются конкретными природными условиями в пределах речных бассейнов.

По действующей классификации [7, 8, 15] реки Пермского края относятся ко второму типу и второму подтипу – реки с весенним половодьем и паводками в теплое время года. Основную роль в питании наших рек играют талые снеговые воды, обеспечивающие от 60 до 80% общего годового стока.

Весеннее половодье формируется почти исключительно талыми водами, однако на горных реках доля весенних дождей может достигать 25–30%. Начало половодья в южной части области приходится в среднем на первую декаду апреля, а на горных реках северо-востока оно смещается на конец апреля – начало мая. Продолжительность половодья определяется не только запасами снега в бассейне, но и размерами этого бассейна, различиями положения его отдельных частей по широте и высоте. В отдельные годы оно может существенно меняться в зависимости от метеорологических условий весеннего периода. Обычно половодье на малых и средних реках продолжается около 20 и 40 суток соответственно.

Летний период на реках, особенно равнинных, характеризуется низкими значениями расходов и уровней воды (межень) и кратковременными их повышениями (паводки) вследствие выпадения обильных дождей. Последние особенно характерны для горных рек. Самым маловодным периодом в режиме рек является зима, когда их питание происходит лишь за счет запасов подземных вод. Длительность зимней межени составляет в среднем 140–160 сут. В течение этого периода происходит постепенное снижение расходов воды в реках, поэтому наименьший сток наблюдается обычно в феврале–марте.

Уровни воды. В периоды, когда реки свободны ото льда и сильно не зарастают травой, их уровеньный режим является функцией режима расходов воды. Однако амплитуда колебания уровней в каждом конкретном участке реки определяется также характером речной долины и русла. Наибольшей амплитудой колебания уровней воды до создания водохранилищ отличалась р. Кама у г. Перми (12,6 м). По данным наблюдений на гидрологических постах она достаточно велика на р. Сылве у с. Подкаменное (около 9 м), на р. Вишере у пос. Рябиново и р. Язьве у с. Нижняя Язьва (около 8 м), в низовьях Косы, Колвы, Иньвы, Чусовой около 7 м. Примером влияния формы русла на амплитуду колебания уровней служит участок р. Колвы у с. Подбобыка. Если у г. Чердынь

амплитуда колебания уровней около 7 м, то здесь в 100 км выше по течению она достигает 11 м. В зимний период уровенный режим рек может сильно осложняться ледовыми образованиями, нередко создающими значительные подпоры и подъемы уровней, не связанные с увеличением расходов воды.

Ледовый режим. В осенний, зимний и весенний сезоны на реках последовательно наблюдаются ледоход, ледостав и весеннее вскрытие ото льда, которые вызывают образование шуги и зажоров, наледи, весенние заторы и др.

Осенний ледоход на реках севера и севера-востока края начинается обычно в конце октября, а на юге – в первой декаде ноября (табл. 3). Ледостав наступает соответственно в первой и второй декадах ноября.

Таблица 3

Ледовые явления на реках Пермского края [4]

Река	Пункт наблюдений	Средние даты				Средняя продолжительность, сут	
		Осень		Весна			
		появления ледяных образований	ледостава	начала ледохода	окончания ледохода	ледостава	периода с ледовыми явлениями
Кама	с.Бондюг	27.10	05.11	27.04	30.04	174	186
Весьяна	с.Усть-Черная	27.10	19.11	19.04	21.04	153	178
Коса	с.Коса	28.10	04.11	24.04	27.04	171	181
Лолог	пос.Сергеевский	26.10	06.11	26.04	29.04	171	187
Вишера	д.Митракова	24.10	08.11	25.04	02.05	168	191
Вишера	пос.Рябинино	28.10	10.11	29.04	03.05	170	188
Язьва	с.Нижн.Язьва	26.10	04.11	28.04	01.05	176	189
Колва	д.Петрецова	22.10	06.11	03.05	08.05	178	198
Колва	г.Чердынь	26.10	07.11	30.04	05.05	174	191
Березовая	д.Булдырья	26.10	03.11	28.04	04.05	176	191
Яйва	пос.База	23.10	03.11	26.04	29.04	175	190
Иньва	г.Кудымкар	28.10	06.11	20.04	24.04	164	180
Косьва	пос.Большая Осляна	21.10	07.11	30.04	03.05	173	192
Обва	с.Каргай	28.10	05.11	19.04	23.04	166	177
Чусовая	пос.Кын	27.10	11.11	22.04	25.04	166	181
Усьва	пос.Усьва	25.10	17.11	20.04	03.05	155	191
Сылва	с.Подкаменное	31.10	09.11	16.04	23.04	158	174
Барда	д.Синошата	29.10	06.11	21.04	25.11	166	179
Ирень	д.Шубино	02.11	13.11	12.04	19.04	151	168
Бабка	д.Балалы	30.10	09.11	16.04	21.04	159	174
Тулва	с.Барда	29.10	08.11	17.04	22.04	162	177

Продолжительность осенних ледовых явлений (до ледостава) не одинакова – от 1–2 дней на малых реках равнины до 15–20 – на таких горных реках, как Вишера или Косьва. На участках с очень быстрым течением ледостав устанавливается в отдельные годы лишь к середине зимы. Скопления шуги подо льдом (зажоры) могут вызывать зимние подъемы уровней воды выше по течению до 1,5–2,0 м (реки Яйва, Чусовая).

Толщина ледяного покрова на реках достигает к концу зимы 55–75 см, увеличиваясь в суровые малоснежные зимы и снижаясь в теплые. В первом случае на реках могут формироваться русловые наледи. В особо неблагоприятных случаях, как, например, зимой 1966–1977 гг., толщина их может достигать нескольких метров.

Весенний ледоход на реках юга Пермского края начинается в середине апреля и продолжается 2–3 дня, а на более крупных реках – 4–6 дней. Реки севера края вскрываются ото льда в конце апреля-начале мая. Ранние и поздние сроки установления ледостава на реках различаются примерно на полмесяца, а начала весеннего вскрытия – на месяц и более. Как видно из приведенных данных, реки края свободны от ледовых явлений в среднем около 200 дней на юге и 160–170 – на севере и северо-востоке [8, 14, 18].

Твердый сток. Помимо стока воды по речным руслам осуществляется так называемый твердый сток, состоящий из стока растворенных веществ (ионный сток), а также из переносимых реками частиц почвогрунтов (сток наносов).

Количество переносимых реками твердых частиц зависит от величины расхода воды и скорости ее течения, а также от количества и качества поступающего в русло материала. Последнее определяется главным образом сопротивляемостью почв и горных пород размыву. В связи с отмеченными обстоятельствами мутность речных вод в пределах края очень сильно различается. Если в северных районах, в том числе и горных, средняя годовая мутность речной воды составляет лишь 30–40 г/м³, то в ряде рек юга края, где меньше залесенность водосборов и больше их распаханность, она достигает 150–200 г/м³.

Наибольшей мутностью воды реки отличаются в половодье, на которое приходится от 80 до 95% годового объема стока наносов. На северных реках мутность воды в этот период может достигать 200–300 г/м³, а на ряде равнинных рек центральной и южной частях края – 1000–1300 г/м³ [14, 18].

Сведения о стоке речных наносов могут в какой-то степени служить показателем общей эрозионной деятельности текучих вод. Даже та часть твердого материала, которая не оседает по пути, а достигает речных русел, весьма внушительна. Так, до создания водохранилищ Кама ежегодно выносила за пределы края в среднем 4,3 млн т грунта, или 23 т с каждого квадратного километра водосборной площади. Ясно, что значительно больше объем этого выноса с сель-

скохозяйственных угодий. О больших различиях в этих процессах можно судить по примерам, приведенным в табл. 4.

Таблица 4

Средние годовые значения стока воды и взвешенных наносов

Река	Пункт наблюдений	Площадь водосбора, тыс.км ²	Сток воды, м ³ /с	Сток наносов	
				тыс.т	т/км ²
Кама	пос. Гайны	27,4	222	290	11
Вишера	д. Митракова	10,5	193	180	16
Сылва	с. Подкаменное	19,7	148	680	36
Барда	с. Ярино	1,79	19,6	130	73

Если значительная часть продуктов эрозионной деятельности потоков задерживается в пределах водосборов, то растворенные водой вещества практически полностью выносятся за их пределы. Поскольку значительная часть территории Пермского края сложена легко растворимыми породами, минерализация воды во многих, особенно южных реках, довольно высока. Наименее минерализованы вешние воды. В северных реках весной минерализация находится в пределах 50 мг/л. По мере продвижения к югу она возрастает до 100–200 мг/л, а зимой увеличивается до 300–700 мг/л. Наиболее минерализованы воды рек, бассейны которых в значительной степени закарстованы. Так, в реках Сылве, Барде и Ирени содержание растворенных солей в летнюю межень достигает 600–900, а зимой – 1000–1100 мг/л [14]. В результате общий объем выносимых с территории края солей за один год превышает 10 млн т. Такова незаметная на глаз непрерывная деятельность текучих вод по переносу вещества и преобразованию облика территории нашего края.

Озера и болота

Главными факторами, обуславливающими наличие, размеры и режим этих водных объектов, являются климат и рельеф. Поэтому озера и болота достаточно широко распространены в северных равнинных районах Пермского края. Общее число учтенных *озер* составляет около 800, а суммарная площадь их водного зеркала – 120 км². Подавляющее число озер – это малые пойменные водоемы, а крупных озер – единицы. Самое большое в крае озеро – Чусовское (площадь 19,4 км²) располагается в бассейне р. Вишерки – правого притока р. Колвы. Два других крупных озера Кумикуш (17,8 км²) и Новожилово (7,1 км²) расположены на низменном междуречье Верхней Камы и ее левого притока р. Тимшер. На территории края много мелких озер карстового происхождения. Наиболее глубокие из них Роголек и Белое (максимальная глубина 61 и 46 м) расположены в Добрянском районе [1, 8,18].

Болота в северных равнинных речных бассейнах (рек Весляна, Лупья, Южная Кельтма, Коса, Вишерка и др.) занимают до 5–7% территории. Размеры отдельных болотных массивов оцениваются сотнями квадратных километров (Камское болото – 810 км², болото Джурич-Нюр – 350 км²). На плоских переувлажненных пространствах широко распространены здесь и заболоченные леса, занимающие 6–8 % территории и более (бассейн р. Лолог – 13%).

Водохранилища и пруды

Пруды на малых реках Пермского края создавались в связи со строительством водяных мельниц. С началом строительства на Урале металлургических заводов появились более крупные водоемы – малые водохранилища края. К их числу относятся Нытвенский, Лысьвенский, Очерский и ряд других заводских прудов (табл. 5). Наибольший размах сооружение прудов получило во второй половине XX столетия. В настоящее время в крае по данным Камского бассейнового управления насчитывается около 950 прудов общей площадью 108 км². Суммарный объем воды в этих прудах составляет 415 млн м³. Наибольшее число прудов (более 80%) сосредоточено в южной части края в бассейнах рек Сылва, Тулва, Буй, Быстрый Танып и др. [1, 8,18]. Современные пруды имеют преимущественно комплексное назначение и используются для рыбного промысла, орошения земель, водоснабжения, рекреации и др.

Таблица 5

Водохранилища на территории Пермского края

Место расположения водоема		Объем воды, млн м ³	Площадь, км ²	Год введения в эксплуатацию
Река	Населенный Пункт			
крупные водохранилища				
Кама	г. Пермь – Камское	12200	1915	1956
Кама	г. Чайковский – Воткинское	9400	1120	1964
Косьва	пос. Широковский – Широковское	530	40,8	1949
малые водохранилища				
Лысьва	г. Лысьва	26,6	5,74	1772
Нытва	г. Нытва	19,4	9,01	1756
Очер	г. Очер	18,7	6,77	1797
Зырянка	г. Березники	13,0	4,20	1969
Очер	пос. Павловский	8,00	4,50	1810
Тюсь	г. Добрянка	7,40	1,84	1987
Суксун	г. Суксун	6,76	1,93	1729
Лытва	г. Александровск	4,50	2,28	1802

Появление в Пермском крае более крупных искусственных водоемов – **водохранилищ** обусловлено развитием энергетики. Первым таким водоемом

стало **Широковское** водохранилище на р. Косье, введенное в строй в 1949 г. Площадь его зеркала и длина составляют соответственно 40,8 км² и 24,5 км. Подпор уровня воды у плотины на 30 м позволил создать емкость около 0,53 км³. Позднее на р. Каме выше г. Перми возник водоем, относящийся по своим параметрам уже к категории крупнейших водохранилищ страны – **Камское** водохранилище (рис. 4), а еще через пару лет – **Воткинское**. Водосборные бассейны Камского и Воткинского водохранилищ расположены на востоке Европейской части России и включают в себя восточную окраину Русской равнины и западную часть Уральских гор. Камский и Воткинский гидроузлы образуют сопряженный каскад ГЭС на р. Каме и являются соответственно первой и второй ступенью Камского каскада. Оба водохранилища русловые, равнинного типа. Регулирование стока Камской и Воткинской ГЭС определяется в соответствии с «Правилами использования...» [16]. Их суммарный полезный объем позволяет осуществлять сезонное, недельно и суточное регулирование стока.

Камское водохранилище – первое в Камском каскаде, с напором 21 м. Наполнение водоема началось в 1954 г., закончилось в 1956 г. Гидроузел расположен в г. Перми, в 691 км от устья р. Камы, ниже впадения в нее р. Чусовой. Камское водохранилище относится к долинным, отличается большой изрезанностью береговой линии и наличием крупных заливов. Подпор от Камского гидроузла при нормальном подпорном уровне (НПУ) распространяется вверх по р. Каме на 300 км. Акватория водохранилища находится в пределах Пермского края, а водосбор расположен на территории Пермского края, Кировской, Свердловской и Челябинской областей, Удмуртской республики и республики Коми. Площадь водосбора в створе Камского гидроузла составляет 168000 км² [16]. В подпоре от Камского гидроузла находятся такие притоки р. Камы, как реки Яйва, Кондас, Косьева, Иньва, Обва, Чусовая, а также приток р. Чусовая – р. Сылва. Его площадь составляет 1915 км², а полный объем – 12,2 км³. Максимальная ширина водохранилища в центральной части при НПУ составляет 14,2 км, а максимальная глубина у плотины Камской ГЭС – 28,1 м [10].

Несколько позднее на Каме был возведен еще один гидроузел, и в 1964 г. начало функционировать другое крупное водохранилище – **Воткинское** (рис. 4). **Воткинское водохранилище** (второе в каскаде) представляет собой узкий вытянутый с северо-востока на юго-запад водоем от г. Перми до г. Чайковского со значительной извилистостью, особенно в верхней и центральной частях. Оно образовано в результате сооружения плотины Воткинской ГЭС (с напором 23 м) у г. Чайковского. Заполнение водоема началось в 1961 г., до проектных отметок водохранилище наполнилось водой в 1964 г. Подпор от гидроузла распространяется вверх по р. Каме на 340 км до плотины Камской ГЭС. Акватория Воткинского водохранилища и его частный водо-

сборный бассейн находятся в пределах Пермского края и Удмуртской республики. Площадь водосбора в створе гидроузла составляет 184000 км²[16]. В отличие от Камского оно не имеет крупных притоков. В подпоре от Воткинского гидроузла находятся притоки Камы реки Нытва, Тулва и Сайгатка. Его площадь составляет 1120 км², а полный объем – 9,4 км³. У плотины Воткинской ГЭС при НПУ максимальная ширина водохранилища составляет 8,23 км, глубина 22,8 м [10].

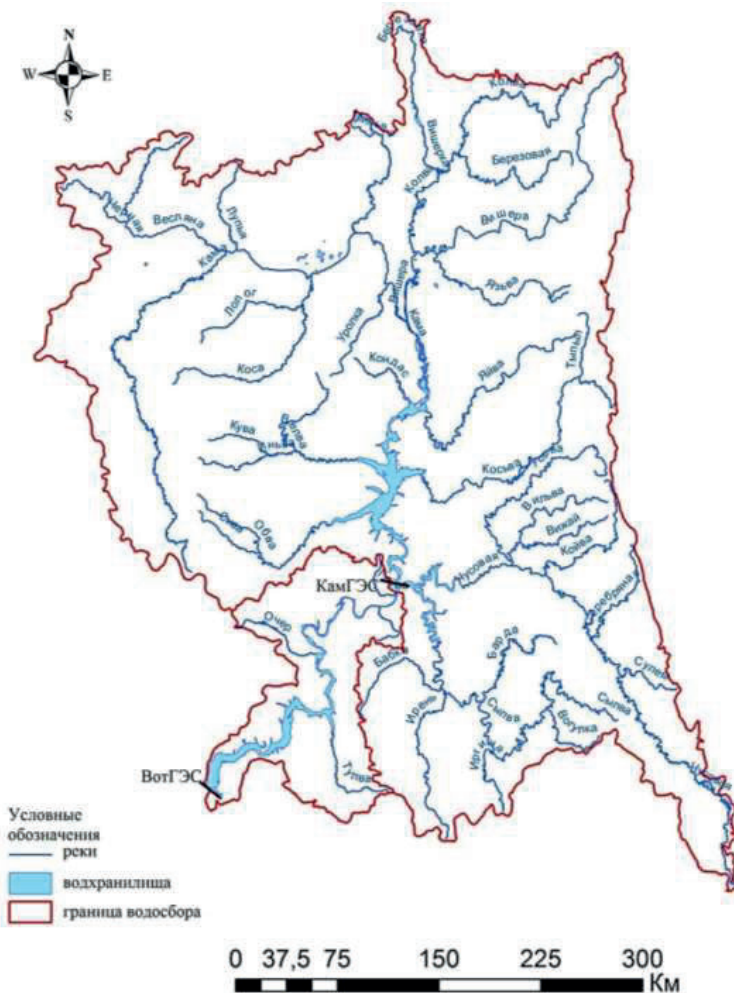


Рис. 4. Частные водосборы Камского и Воткинского водохранилищ

В табл. 6 представлено распределение объема годового стока по сезонам года в створах Камского и Воткинского гидроузлов для различных по водности лет.

Таблица 6

Распределение объема годового стока по сезонам года в створах Камского и Воткинского гидроузлов для различных по водности лет [16]

Показатель	Весна (IV-VI)		Лето-осень (IV-VI)		Зима (IV-VI)		За год	
	Кам-ское	Воткин-ское	Кам-ское	Воткин-ское	Кам-ское	Воткин-ское	Кам-ское	Воткин-ское
Маловодный год (1954/55), P≈95%								
Объем стока, км ³	16,88	23,23	9,32	7,60	10,10	3,95	36,30	37,77
Доля от годового стока, %	46,5	69,4	25,7	20,1	27,8	10,5	100	100
Средний по водности год (2003/2004), P≈50%								
Объем стока, км ³	35,57	38,94	10,29	11,04	6,51	7,19	53,37	57,17
Доля от годового стока, %	68,5	68,1	19,3	19,3	12,2	12,6	100	100
Многоводный год (1990/91), P≈5%								
Объем стока, км ³	49,27	43,47	15,00	25,41	8,61	8,21	72,88	77,09
Доля от годового стока, %	67,6	56,4	20,6	33,0	11,8	10,6	100	100

Водоохранилища – это ключевые, базовые элементы гидротехнических и водохозяйственных систем любого ранга, поскольку именно они позволяют осуществить регулирование водных ресурсов, преобразование гидросферы в желаемом для общества направлении. У водохранилищ нет природных аналогов, лишь по форме чаши с ними сходны завально-запрудные озера.

Водный режим водохранилищ определяется водным режимом рек, на которых они созданы. Режим всех гидрологических элементов водохранилищ, а следовательно, и условия развития их экосистемы определяются водным балансом (соотношением приходной и расходной частей) и особенностями морфометрии водоема.

Отметим наиболее важные особенности водохранилищ:

1. Водоохранилища – антропогенные, управляемые человеком водные объекты. Они испытывают также и сильнейшее воздействие природных (прежде

всего гидрометеорологических) факторов, поэтому как объекты изучения, использования и управления занимают промежуточное положение между «чисто природными» и «чисто техническими» образованиями. Это дает право именовать их природно-техническими системами.

2. Для водохранилищ, как природно – хозяйственных объектов, характерна чрезвычайно высокая динамичность развития (эволюции).

3. Водоохранилища заметно воздействуют на окружающую среду, вызывая изменения природных и хозяйственных условий на прилегающих территориях. Поэтому наряду с заранее запланированными благоприятными последствиями возникают также и последствия негативного характера.

4. Водоохранилищам свойственна особая система так называемых внутри-водоемных процессов – гидрологических, гидрофизико-химических и гидро-биологических.

5. Водоохранилища – водоемы, наиболее интенсивно используемые различными отраслями хозяйства. На каждом значительном водохранилище формируется водохозяйственный комплекс (ВХК). Среди компонентов ВХК, т.е. всех отраслей хозяйства, использующих водохранилище и реку в нижнем бьефе, выделяют участников ВХК – отрасли, заинтересованные в создании водохранилища и финансирующие его. Остальные отрасли используют водохранилище, поскольку оно существует. Участники ВХК предъявляют различные, а подчас и противоречивые требования к режиму использования водохранилищ.

3. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

Риск в современной литературе рассматривается как результат действия различных факторов (природных, природно-техногенных, техногенных) на компоненты природы. Он выражает вероятность экологического бедствия, катастрофы, нарушения дальнейшего нормального функционирования и существования экологических систем и объектов в результате природного или антропогенного вмешательства в природную среду или чрезвычайной техногенной ситуации. При этом общепринятые критерии, позволяющие оценить степень риска, на сегодняшний день еще не разработаны. Наиболее надежным критерием считается вероятность допустимой смертности населения, но для оценки экологического риска на водных объектах этот критерий не всегда применим. Один из путей оценки риска – определение экономического ущерба, который оценивается как сумма затрат собственников зданий, сооружений, земельных и лесных ресурсов на восстановление разрушений, вызванных в результате аварий гидротехнического сооружения (ГТС). Правовые отношения в этом случае регулируются Гражданским кодексом РФ, однако этот подход не совсем верен относительно водных объектов. Существует и еще один подход – нормирование степени воздействий на водные экосистемы. В настоящее время в качестве норм воздействия на водные объекты используются ПДК для человека и реке – для биоты. Этот подход наиболее часто используется для оценки экологического риска в случае опасности загрязнения водных объектов сточными водами[8].

Источниками формирования гидрологического риска являются стихийные бедствия и последствия антропогенных воздействий.

Стихийные бедствия гидрологического характера обуславливаются:

- высоким уровнем воды (наводнениями, при которых происходят затопление пониженных частей городов, других населенных пунктов, посевов сельскохозяйственных культур и повреждение промышленных и транспортных объектов);
- низким уровнем воды, вследствие чего нарушаются судоходство, водоснабжение городов и народнохозяйственных объектов, оросительных систем;
- селями (прорыв завальных и моренных озер, угрожающих населенным пунктам, дорожным и другим сооружениям);
- снежными лавинами (при угрозе населенным пунктам, автомобильным и железным дорогам, линиям электропередачи, объектам промышленности и сельского хозяйства);
- ранним ледоставом и появлением льда на судоходных водоемах.

Кроме того, к данным причинам несколько условно мы относим и морские гидрологические явления: цунами, сильные волнения на морях и океанах, тропические циклоны (тайфуны), напор льдов и интенсивный их дрейф.

Наводнение – это затопление водой прилегающей к реке, озеру или водохранилищу местности, которое причиняет материальный ущерб, наносит урон здоровью населения или приводит к гибели людей. Затопление, не сопровождающееся ущербом, выражается в виде разлива реки, озера, водохранилища. Наводнения в большей или меньшей степени периодически наблюдаются на большинстве рек России. По повторяемости, площади распространения и суммарному среднему годовому материальному ущербу они занимают первое место в ряду стихийных бедствий. По количеству человеческих жертв и материальному ущербу наводнения занимают второе место после землетрясений. Ни в настоящем, ни в ближайшем будущем предотвратить их целиком не представляется возможным. Наводнения можно только ослабить или локализовать.

Многочисленные реки страны отличаются друг от друга различными условиями формирования стока воды, что в немалой степени определяет и условия возникновения наводнений. Исходя из этого реки России по условиям возникновения наводнений подразделяются на четыре типа [17]:

1-й – реки с максимальным стоком, вызываемым таянием снега на равнинах (большинство рек Европейской части и Западной Сибири);

2-й – реки с максимальным стоком, возникающим при таянии горных снегов и ледников. Наводнения здесь могут наблюдаться несколько раз в течение года (главным образом, это реки Северного Кавказа);

3-й – реки с максимальным стоком, обусловленным выпадением интенсивных дождей (реки Дальнего Востока и Сибири);

4-й – реки с максимальными стоками, образующимися от совместного влияния снеготаяния и выпадения осадков. Их режим характеризуется весенним половодьем, возникающим при таянии снегов, повышением летнего и зимнего стоков за счет обильного грунтового питания, а также значительными осенними осадками. Наличие такого типа рек характерно для северо-западных районов России.

Особенно опасные наводнения наблюдаются на реках дождевого и ледникового питания или при сочетании этих двух факторов.

Наводнение, характерное для рек первого типа, часто называют **половодьем**. Это ежегодно повторяющийся в один и тот же сезон значительный и довольно длительный подъем уровня воды в реке. Обычно половодье вызывается весенним таянием снега на равнинах или дождевыми осадками.

Наводнение, характерное для рек третьего типа, обычно называют **наводком**. Это интенсивный, сравнительно кратковременный подъем уровня воды, формируемый сильными дождями, иногда при таянии снега при зимних отте-

пелях. Кроме названных источников наводнения могут возникать вследствие других гидрометеорологических явлений, таких как заторы, зажоры, нагоны и прорывы плотин.

Важнейшими основными характеристиками являются максимальный уровень и максимальный расход воды за время наводнения. С максимальным уровнем связаны площадь, слой и продолжительность затопления местности. К одной из основных характеристик относится и скорость подъема уровня воды. Для осуществления прогноза наводнения необходимо знать и такую характеристику, как скорость течения, которая выражается в м/с.

К факторам, обуславливающим величины максимального уровня и максимального расхода воды для случая весеннего половодья, относятся следующие: запас воды в снежном покрове перед началом весеннего таяния; атмосферные осадки в период снеготаяния и половодья; осенне-зимнее увлажнение почвы к началу весеннего снеготаяния; глубина промерзания почвы; ледяная корка на почве; интенсивность снеготаяния.

Следует учитывать, что в европейской части России после схода снега сумма осадков в 1,5–2 раза больше, чем в период самого снеготаяния.

Для определения величины интенсивности снеготаяния широко применяется метод измерения так называемого коэффициента стаивания – слоя талой воды в мм, приходящегося на один градус средней суточной температуры воздуха. Коэффициенты стаивания снега приведены в табл. 7.

Таблица 7

Коэффициенты стаивания снега [15]

Природная зона	Коэффициент стаивания (мм/сут. на 1°С положительной средней суточной температуры воздуха)
Поле	5,0
Смешанный лес	2,0
Густой хвойный лес	1,5

Для водосбора Камского водохранилища гидрологами Пермского университета выполнены расчеты процесса снеготаяния [12, 13, 21] и установлены следующие закономерности:

Максимальный снегозапас на водосборе Камского водохранилища уменьшается с севера на юг в среднем от 300 до 100 мм. Высота снежного покрова также уменьшается в среднем от 80 см на севере до 50 см в южной части. Наибольшие значения максимального снегозаписа характерны для горной северной территории, где достигают значений 500 мм, а высота снега составляет до 150 см. Дата формирования максимального снегозаписа для южных водосборов (г/п Сылва-Подкаменное, Иньва-Слудка) приурочена к середине марта; в центральной и северной частях водосбора Камского водохранилища (г/п Чусовая-Лямино, Кама-Бондюг) она приходится на конец марта. Для горных тер-

риторий (г/п Косьва-Перемское, Яйва-Подслудное, Вишера-Рябинино) из-за проявления высотной поясности эта дата сдвинута на первую декаду апреля.

Таяние снега начинается при установлении положительных температур воздуха в дневное время, еще до устойчивого перехода их средних суточных значений через 0°C. Как правило, это третья декада марта – первая декада апреля на равнинной южной и центральной частях территории и середина апреля в горных восточных, северо-восточных районах. Переход температуры воздуха через 0°C к положительным значениям в горных районах происходит на 10–15 дней позже, чем на равнинных, и начало снеготаяния наступает на 5–10 дней позже. Поэтому в период, когда равнинные и южные предгорные водосборы (г/п Иньва-Слудка, Сылва-Подкаменное, Кама-Бондюг) активно освобождаются от снежного покрова, на горных водосборах (г/п Вишера-Рябинино, Чусовая-Лямино, Косьва-Перемское, Яйва-Подслудное) снеготаяние только начинается.

На продолжительность периода снеготаяния существенное влияние оказывают величина и интенсивность нарастания положительных температур воздуха. Интенсивный прирост положительных температур воздуха обуславливает малую продолжительность снеготаяния (например, 2004 г.), а частые возвраты холодов (как в 2010 г.) являются причиной затяжного характера таяния снега. В начале и середине периода снеготаяния связь накопленных слоев стаявшего снега с накопленными положительными температурами воздуха носит линейный характер, который нарушается в конце рассматриваемого периода из-за стаивания снежного покрова. Выпадение ливневых осадков в период снеготаяния ускоряет сход снежного покрова.

Снеготаяние происходит с юга, юго-запада на северо-восток в среднем 33 сут (первая декада апреля – первая декада мая). На юге снеготаяние проходит в первой половине апреля, продолжительность которого в среднем составляет 25 сут. В центральной равнинной части территории водосбора Камского водохранилища снеготаяние проходит во второй половине апреля: его продолжительность в среднем составляет 27 сут. В горной части территории процесс снеготаяния приходится на май, продолжительность которого превышает 45 сут [12, 13, 21].

Значимым является влияние подстилающей поверхности (залесенности, высоты и экспозиции склонов) на характер снеготаяния. Значительная залесенность и высотная поясность замедляют процесс снеготаяния северных и горных территорий. Так, в начале периода снеготаяния освобождение горных водосборов от снежного покрова происходит очень медленно – 3–4% площади за 10 дней, при этом первыми (на 7–10 сут раньше) стаивают открытые незалесенные участки. Меридиональное расположение водосбора г/п Кама-Гайны является ярким примером проявления широтной зональности: раньше всего от снежного покрова освобождаются южная и центральная его части, а позже – северная.

Расчеты показали, что снег на склонах северной экспозиции сходит в среднем на 17 дней позже, чем с южных, а с западных и восточных – на 7 дней позже южных. Особенно сильно совместное влияние характера экспозиции склонов и высотной поясности сказывается на более позднем начале и увеличении продолжительности снеготаяния левобережных притоков Камского водохранилища, водосборы которых расположены в горной части. Даже в июне на затененных участках северных склонов можно наблюдать снежный покров. Там имеет место следующее распределение склонов: западные – 32%, восточные – 27%, южные – 21% и северные – 20%. Таким образом, более чем на 70% территории здесь процесс снеготаяния замедляется, что сказывается на характере поступления талых вод в Камское водохранилище. В начале талые воды поступают с южных и центральных территорий (г/п Сытва-Подкаменное, Чусовая-Лямино, Иньва-Слудка). Затем приходит талый сток с центральных горных частей водосбора (г/п Косьва-Перемское, Яйва-Подслудное) и северных равнинных (г/п Кама-Бондюг). И в конце периода снеготаяния талые воды поступают с горных северо-восточных территорий (г/п Вишера-Рябинино).

Для крупных речных бассейнов немаловажным фактором является то или иное сочетание волн половодий отдельных притоков. Так, на многих реках Пермского края половодье часто имеет несколько пиков, что связано с возвратами холодов в весенний период [12, 13, 21].

Для нижней части р. Дон также характерна двухвершинная форма половодья, но причиной этого служит то, что первая волна формируется в бассейне Северного Донца, вторая поступает издалека, с верховьев Дона. Сближение сроков прохождения этих двух волн увеличивает высоту половодья и наоборот.

Для случаев дождевого паводка к факторам, влияющим на величины основных характеристик, относятся: количество осадков, их интенсивность, продолжительность, площадь охвата, предшествующая выпадению осадков, увлажненность бассейна, водопроницаемость почвы, рельеф бассейна, величины уклонов рек, наличие и глубина мерзлоты. Основные характеристики последствий наводнения следующие: численность населения, оказавшегося в зоне, подверженной наводнению; количество населенных пунктов, попавших в зону наводнения; количество предприятий, протяженность автомобильных и железных дорог, линий электропередачи, связи и коммуникаций, оказавшихся в зоне затопления; количество погибших животных, разрушенных мостов и тоннелей.

Различается прямой и косвенный ущерб от наводнений. Прямой – это, например, повреждение и разрушение жилых и производственных зданий, железных и автомобильных дорог, линий электропередачи и связи, гибель скота и урожая, уничтожение и порча сырья, топлива, продуктов питания, кормов, затраты на временную эвакуацию населения и материальных средств. К косвенному ущербу обычно относят: затраты, связанные с приобретением и доставкой

в пострадавшие районы продуктов питания, строительных материалов и кормов для скота, сокращением выработки продукции, ухудшением условий жизни населения. Прямой и косвенный ущербы находятся, большей частью, в соотношении 70% : 30%.

Иногда наводнения сопровождаются пожарами, возникающими при обрыве проводов электропередач и короткого замыкания. Здания теряют капитальность: отваливается штукатурка, выпадают кирпичи, размываются фундаменты, деревянные конструкции гниют. Из-за неравномерной просадки грунта происходят разрывы канализационных, водопроводных труб, нарушается работа кабельных линий.

Существуют понятия «подтопление» и «затопление». При подтоплении вода проникает в подвалы через канализационную сеть, различного рода траншеи и коллекторы. В случае же затопления местность покрывается слоем воды определенной высоты.

По метеорологическим условиям все регионы России различны. Однако наводнения происходят практически ежегодно то в одном, то в другом районах. Ущерб исчисляется огромными цифрами. Площадь, которая может быть подвергнута затоплению паводковыми водами, составляет около 500 тыс. км², однако ежегодно реально затопливается от 36 до 56 тыс. км².

Наиболее велико негативное влияние наводнений в бассейнах рек Амура, Усури, Имана, Зеи, Бурей, рек Сибири, впадающих в северные моря, и рек Северного Кавказа.

Классификация наводнений. В зависимости от причин возникновения наводнения подразделяются на четыре группы [17, 19]:

1-я – наводнения, связанные с максимальным стоком, возникающим при весеннем таянии снега. Они отличаются значительным и довольно длительным подъемом уровня воды в реке и называются половодьем;

2-я – наводнения, формируемые интенсивными дождями. Они характеризуются интенсивными, сравнительно кратковременными подъемами уровнями воды и называются паводками;

3-я – наводнения, вызванные в основном большим сопротивлением, которое водный поток встречает в реке. Происходит такое явление в основном в начале или в конце зимы при зажорах и заторах льда;

4-я – наводнения, создаваемые ветровыми нагонами воды на крупных озерах и водохранилищах, а также в морских устьях рек.

Возможен и пятый тип наводнений, связанный с прорывом плотин, относящийся в большей степени к чрезвычайным ситуациям техногенного характера.

В пределах России преобладают наводнения первых двух групп.

По размерам и масштабам убытка они также делятся на четыре группы.

Первая – низкие (малые) наводнения. Наблюдаются в основном на равнинных реках и имеют повторяемость примерно 1 раз в 5–10 лет. При этом затопляется менее 10% сельхозугодий, расположенных в низинных местах. Они наносят незначительный материальный ущерб и почти не нарушают ритма жизни населения.

Вторая – высокие наводнения. Сопровождаются значительным затоплением, охватывают сравнительно большие участки местности, существенно нарушают хозяйственную деятельность и установленный ритм жизни. Иногда приходится временно эвакуировать население. Материальный и моральный ущербы значительны. Происходят 1 раз в 20–25 лет.

Третья – выдающиеся наводнения. Они охватывают целые речные бассейны. Парализуют хозяйственную деятельность, наносят большой материальный и моральный ущербы, очень часто требуют массовой эвакуации населения и привлечения материальных ценностей. Повторяются примерно один раз в 50–100 лет.

Четвертая – катастрофические наводнения. Вызывают затопления громадных территорий в пределах одной или нескольких речных систем. Хозяйственная деятельность полностью парализуется. Резко изменяется жизненный уклад населения. Материальный ущерб огромен. Наблюдаются случаи гибели людей. Случаются один раз в 100–200 лет и реже.

Заторы и зажоры льда на реках

Затор – это скопление льда в русле, ограничивающее течение реки. В результате происходят подъем уровня воды и ее разлив. Затор образуется обычно в конце зимы и в весенний период при вскрытии рек во время разрушения ледяного покрова. Состоит он из крупных и мелких льдин.

Зажор – явление, сходное с затором льда. Однако, во-первых, зажор состоит из скопления рыхлого льда (шуги, небольших льдинок), тогда как затор есть скопление крупных и (в меньшей степени) небольших льдин. Во-вторых, зажор льда наблюдается в начале зимы, в то время как затор – в конце зимы и весной.

Главной причиной образования затора является задержка процесса вскрытия льда на тех реках, где кромка ледяного покрова весной смещается сверху вниз по течению. При этом движущийся сверху раздробленный лед встречает на своем пути еще не нарушенный ледяной покров. Последовательность вскрытия реки сверху вниз по течению является необходимым, но недостаточным условием возникновения затора льда. Основное условие создается только тогда, когда поверхностная скорость течения воды при вскрытии довольно значительна (0,6–0,8 м/с и более). Различные русловые препятствия,

как, например, крутые повороты, сужения, острова, изменение уклона поверхности от большего к меньшему, лишь усиливают процесс.

Зажоры создаются на реках в период формирования ледяного покрова. Необходимым условием образования являются возникновение в русле внутриводного льда и его вовлечение под кромку ледяного покрова. Решающее значение при этом имеют поверхностная скорость течения (более 0,4 м/с), а также температура воздуха в период замерзания. Образованию зажоров способствуют острова, отмели, валуны, крутые повороты, сужение русла. Скопление шуги и другого рыхлого ледяного материала, образующегося на этих участках в результате непрерывного процесса образования внутриводного льда и разрушения ледяного покрова, вызывает стеснение водного сечения, вследствие чего происходит подъем воды выше по течению. Ниже – уровни понижаются. Образование сплошного покрова в месте образования зазора задерживается.

Максимальный заторный уровень воды, как правило, превышает уровень воды весеннего половодья. Максимальный зажорный уровень воды превышает уровень воды при ледоставе. Наибольшие заторные и зажорные подъемы уровня воды в реках России приведены в табл. 8.

Таблица 8

Заторные и зажорные подъемы уровня воды в реках России, м [17]

Реки	Подъем, м
Заторные подъемы	
Воронеж	4–6
Сясь, Великая	4,5–6,5
Томь, Иртыш, Енисей	7–10
Нижняя Тунгуска	10–20
Оленек, Лена, Алдан, Витим	7,5–10
Кольма, Мамакан	5–7
Амур, Буряя	7–9
Онон, Анадырь, Уда, Зея, Шилка, Аргунь	3–4
Тым, Поронай	2–3,5
Зажорные подъемы	
Нева, Свирь, Нарва	3–4
Томь, Енисей, Ангара, Катунь	5–7
Мамакан	4–4,5
Амур, Буряя, Зея	3–4
Тым, Тумнин	2–3

Применяется также такая характеристика, как продолжительность затора или зазора. Затор льда – явление кратковременное. Высокий уровень держится обычно от 0,5 до 1,5 сут. Более длительная продолжительность стояния связана

с похолоданием и сокращением стока воды. Период подъема зажорного уровня несколько более длительный (до 3 сут). Снижение уровня обычно происходит за 10–15 суток.

Другой часто применяемой характеристикой заторов и зажоров служит повторяемость этих явлений. Здесь колебания весьма велики. В одних местах они повторяются через 2–5 лет, в других – значительно реже.

Непосредственная опасность этих явлений заключается в том, что происходит резкий подъем воды в значительных пределах. Вода выходит из берегов и затопляет прилегающую местность. Кроме того, опасность представляют и навалы льда на берегах высотой до 15 м, которые часто разрушают прибрежные сооружения.

Зажорные явления приводят к более тяжелым последствиям, поскольку возникают они в начале, а иногда и в середине зимы и могут длиться до 1,5 месяцев. Разбившаяся вода замерзает на полях и в других местах, препятствуя ликвидации последствий такого стихийного бедствия.

Мощные и частые заторы льда присущи тем рекам, у которых вскрытие происходит сверху вниз по течению. Такая последовательность характерна для Северной Двины, Печоры, Лены, Енисея, Иртыша – рек, текущих с юга на север.

Места образования заторов льда можно разделить на постоянные и непостоянные. Постоянные места всегда известны, непостоянные – в меньшей степени, поскольку в основном – это крутые повороты в сочетании с сужением русла.

По частоте зажорных наводнений и величине подъема воды первенство принадлежит двум самым крупным озерным рекам – Ангаре и Неве.

В соответствии с величиной мощности затора или зажора они подразделяются на катастрофически мощные, сильные, средние и слабые. Катастрофически мощный затор или зажор определяется так: к рассчитанной максимальной величине уровня воды весеннего половодья приплюсовывается 5 и более м; для сильных – от 3 до 5 м, средних – 3 м и меньше. При слабых заторах и зажорах в величины наивысших уровней воды весеннего половодья поправки не вводятся.

Нагоны – это подъем уровня воды, вызванный воздействием ветра на водную поверхность. Такие явления случаются в морских устьях крупных рек, а также на больших озерах и водохранилищах. Ветровой нагон, как и половодье, затор, зажор, является стихийным бедствием, когда вследствие высокого уровня воды происходят затопление городов и населенных пунктов, повреждение промышленных и транспортных объектов, посевов сельскохозяйственных культур. Главным условием возникновения служит сильный и продолжительный ветер, который характерен для глубоких циклонов. Основной характеристикой, определяющей величину нагона, является нагонный подъем уровня воды, обычно выражающийся в метрах. Другими величинами служат глубина распространения нагонной волны, площадь и продолжительность затопления. Главные факторы,

влияющие на величину нагонного уровня, – скорость и направление ветра. В таких условиях скорость обычно достигает 25 м/с, а иногда и более.

Всего в Санкт-Петербурге с его основания до наших дней было отмечено 290 наводнений (случившееся 29–30 ноября 1999 г. – шестое по своим масштабам). В более ранний период катастрофические нагонные наводнения наблюдались в 1777, 1824, 1924, 1955, 1975 гг. Максимальный подъем величины уровня воды в районе Горного института достигал при этом 2–4 м. В пределах дельты Северной Двины (г. Архангельск) – 1,8–2 м; в устье р. Преголи (г. Калининград) – 0,9–1,9 м; в устье р. Енисея – 1,5–2,1 м; в устье р. Дон (г. Азов) – 2,6–2,8 м [8].

Следует отметить общую закономерность: чем меньше уклон водной поверхности и больше глубина реки, тем на большее расстояние распространяется нагонная волна. В связи с этим на крупных реках с малым уклоном волна распространяется на значительно большие расстояния, чем на малых.

Нагонные наводнения нередко охватывают большие территории. Продолжительность затопления обычно составляет от нескольких десятков часов до нескольких суток. Чем крупнее водоем и меньше его глубина, тем больших размеров достигают нагоны. Величины подъема уровня при нагонах с повторяемостью примерно один раз в 15–20 лет следующие: на озерах Сегозеро, Сайма, Байкал – 0,20–0,25 м; Белое, Чудское, Ильмень – 0,5–0,6 м; Онежское – 0,7–1,0 м. На Азовском – 1,0–1,5 м, Каспийском морях – 2,0–2,5 м. А в 1952 г. в районе устья р. Сулак вода поднималась до 4,5 м.

По величине подъема уровня, повторяемости и материальному ущербу нагонные наводнения в устье р. Невы в пределах Санкт-Петербурга занимают первое место в России. Наводнения здесь возникают во все времена года, в том числе и зимой, но самыми опасными являются осенние, на которые приходится до 70%, включая и катастрофические.

Какой-либо общепринятой классификации для нагонных явлений не установлено. Чаще всего они подразделяются по степени последствий на небольшие, большие, выдающиеся, катастрофические.

На протяжении почти всей истории России самым разрушительным стихийным бедствием (среди бедствий гидрологического характера) являлись наводнения. В середине XX в. благодаря зарегулированности стока рек водохранилищами опасность и повторяемость их значительно уменьшилась, но до сих пор социальные и экономические потери очень высоки. Примерно на 2,4% территории России все еще существует опасность, связанная с возникновением наводнений. Ежегодно в половодье затапливается около 5 млн га земель. Примерно 50% обусловлено таянием снега и происходит в весеннее время. Продолжительность половодья на крупных реках составляет, как правило, 2–3 месяца, а на малых – не более 15–20 дней [17].

Перечень наиболее крупных природных катастроф на территории России приведен в табл.9. При мощных заторных явлениях подъем уровня воды может достигать на реках Сибири 35–40 м, но обычно не превышает 10–15 м (наводнения на р. Лене в 1998 и 2001 гг.). Так, экономический ущерб от заторных наводнений в Якутии в мае 2001 г. составил 240 млн дол.; погибло 7 чел., число пострадавших превысило 50 тыс.

Из всех рассмотренных выше стихийных бедствий (наводнений, низких уровней воды, когда нарушаются судоходство, водоснабжение городов и народнохозяйственных объектов, оросительных систем; заторов и зажоров и др.) на реках Пермского края экологический риск связан в основном с наводнениями. Экстремальные проявления водного режима часто происходят в основном на малых неизученных реках. Поэтому для предвидения особо опасных гидрологических явлений необходима разработка косвенной оценки параметров их стока.

Таблица 9

Наиболее крупные природные катастрофы на территории России в 1978–2002 гг. [17]

Число и год	Тип катастрофы и место проявления	Ущерб		
		экономический, млн дол.	социальный, чел.	
			погибших	пострадавших
1978–1995	Подъем уровня Каспийского моря на 245 см	6000	2	100000
07–08.1988	Наводнение в Читинской области	172,7	–	–
02–04.1989	Активизация оползней в Чечне и Ингушетии	490	1	27000
04.1990	Наводнение в республике Башкортостан	250	12	–
07–08.1990	Читинская обл. Крупнейшее за всю историю наводнение	746,4	–	–
1990	Приморский край. Наводнение, вызванное тайфуном «Робин»	472,8	–	16000
1991	Наводнение ниже Волжско-Камского каскада	318	–	–
09.1994	Приморье. Тайфун. Затопление 84 населенных пунктов	140	13	18
25.05.1995	Нефтегорское землетрясение	240	Более 2000	Более 240
08.1996	Тайфун с наводнениями в Приморском крае	Более 170	4	Более 100000
03.04.1998	Активизация оползней в Чечне и Ингушетии	140	–	Более 12000
12–24.05.2001	Заторные наводнения в республике Саха (Якутия) на реках Лена, Нюя, Витим и др.	240	7	Более 50000
18.06–05.07.2002	Наводнение на юге России	484	114	389752

Гидрологический риск на водных объектах Пермского края

Риск в современной литературе рассматривается как результат действия различных факторов (природных, природно-техногенных, техногенных) на компоненты природы. Он выражает вероятность экологического бедствия, катастрофы, нарушения дальнейшего нормального функционирования и существования экологических систем и объектов в результате природного или антропогенного вмешательства в природную среду или чрезвычайной техногенной ситуации. В Пермском крае гидрологический риск в основном обеспечен двумя факторами – природным, связанным с резким изменением уровня воды в водных объектах, и техногенным, результатом которого является ухудшение качества поверхностных вод. Возникает он как на реках, так и на водохранилищах [9].

Риск на реках

Располагаясь в зоне преимущественно достаточного и даже частью избыточного увлажнения, Пермский край богат реками. Всех учтенных больших и малых рек в области более 29 тысяч, а их общая протяженность составляет около 90 тыс. км². Следовательно, на один квадратный километр площади приходится в среднем по 0,5–0,6 км речной сети. Однако, в связи с различиями климата и рельефа, густота речной сети не одинакова. В северной и горной северо-восточной частях области она достигает 0,7–0,8 км/км², а на крайнем юге и юго-западе снижается примерно вдвое. Сопоставление общего числа рек и их суммарной длины показывает, что основную массу составляют малые водотоки длиной менее 10 км. Только 120 рек края длиннее 50 км, а 42 и 19 рек соответственно имеют протяженность более 100 и 200 км.

На реках Пермского края гидрологический риск связан в основном с **наводнениями**. Причиной высоких половодий является весеннее снеготаяние при экстремально больших запасах снега или (и) дружном характере весны. За последние 100 лет печальную известность приобрели 1902, 1914, 1926, 1957, 1965, 1969, 1979, 1987, 1990, 1991, 2004, 2007, 2015, 2017, 2020 гг., когда во всем Камском бассейне или отдельных его частях наблюдались половодья, вызывавшие затопление берегов, населенных пунктов и предприятий [8, 21].

Большой ущерб принесло чрезвычайно высокое весеннее половодье в 1979 г. В Пермской области от него пострадали 11 городов и 86 других населенных пунктов. Вода местами поднималась на 5–11 м, было затоплено 7200 жилых домов, разрушены мосты, размыто 338 км дорог, 11 км дамб, 11 км канализационных сетей, 16 км водопровода, 11 км линий электропередач. Человеческих жертв, к счастью, не было. И это происходит при постоянном наблю-

дении за уровнем воды, заблаговременном и точном прогнозе, общей готовности к высокому половодью.

Негативные последствия наводнений в крае проявляются и в последние годы. Так, в 2016 г. половодье началось 6 апреля и продолжалось два месяца. Максимальный приток был зафиксирован 24 апреля и составил 14990 м³/с. К 18 апреля из берегов вышли реки Иньва, Чусовая, Лобва и Обва, а в зоне затопления оказались более 1000 домов и участков. В г. Кудымкаре были затоплены более 20 жилых домов и около 300 дачных участков. Проживающих в них 800 человек разместили в местной гостинице «Парма», двух школах и местном центре ДОСААФ. В селе Карагай число затопленных домов за сутки выросло с четырёх до 25. Аналогичная ситуация сложилась в селе Уинском, в г. Кунгуре и пригородах Чусового, в Чернушке и Кукуштане. В 2017 г. в Пермском крае после значительного потепления 2–3 мая на большинстве рек начались резкие подъемы уровней воды и формируются пики половодья. Уровень воды в г. Кудымкаре на р. Иньва достиг 572 см, что привело к подтоплению пониженных участков местности в пойме реки. 4 мая поднялся уровень воды в р. Усьве на 280 см, что значительно выше максимума 2016 г., и является самым высоким значением за последние 13 лет. Также высоким оказался пик половодья на р. Яйве. За трое суток уровень воды поднялся на два метра и достиг отметки 574 см. В п. Яйва наблюдалось подтопление. На Сылве в районе Кунгура за двое суток уровень воды также поднялся почти на метр (до отметки 695 см). Однако серьезных подтоплений в Кунгуре не произошло. В Косинском и Гайнском районах подтопило 27 дворов. Всего в зону риска попало 110 населенных пунктов в 37 муниципальных районах. 2020 г. характеризовался аномальными условиями снеготаяния и формирования весеннего половодья. В марте 2020 г. впервые за всю историю наблюдений была отмечена положительная среднемесячная температура воздуха. В южных частях водосбора Камского водохранилища устойчивый переход температуры воздуха через 0°C к положительным значениям произошел на три недели раньше нормы – 10–11 марта. На северных реках Пермского края (г/п Весляна-Усть-Черная, Колва-Чердынь, Вишера-Рябинино и Кама-Тюлькино) наблюдалось высокое весеннее половодье с перекрытием исторических максимумов уровня воды, что было обусловлено метеорологическими условиями весеннего периода.

Серьезную угрозу высокие весенние половодья создают г. Кунгуру. Город возник в месте слияния р. Сылвы и трех крупных ее притоков – Ирени, Шаквы и Бабки. Расход воды в Сылве на расстоянии 5 км возрастает почти вдвое, ширина русла увеличивается от 100 до 150 м. Происхождение Кунгурского речного узла связано с длительным развитием карста и тектоническими движениями земной коры.

За истекшие 30 лет г. Кунгур многократно подвергался наводнениям, которые случались все чаще, а высота их постепенно возрастала. Наиболее высокие половодья произошли в 1979 и 1987 гг., когда уровень рек поднимался на 7,86 и 7,46 м соответственно. В первом случае защитные дамбы, возводившиеся усилиями кунгуряков, оказались недостаточно высокими, и внешние воды затопили значительную часть городской территории, нанеся существенный материальный и моральный ущерб. В это время были затоплены значительные территории в Первомайском поселке, в Заиренской и Засылвенской частях города, в районах РМЗ, лесозавода и нефтебазы. Ущерб, нанесенный хозяйству города, исчислялся десятками миллионов рублей.

Так, в ночь с 7 на 8 мая 1979 г. вода в р. Ирени поднялась местами до верха дамбы. В спешном порядке была организована укладка мешков с грунтом, чтобы преградить путь воде. В этот напряженный момент разнеслась тревожная весть – река прорвалась подземным путем. Действительно, в 250 м от дамбы со дна карстового озера поднялся фонтан мутной воды. Она разливалась во всех направлениях, подтопля дома и дворовые постройки. Делались попытки с лодки определить место и глубину подводного канала, однако пятиметровый шест не достигал дна. Тогда туда спешно было сброшено более 20 мешков с грунтом и цементом, что позволило уменьшить фонтанирование, которое, однако, не прекратилось. Причина описанного события заключалась в выносе песчано-глинистого заполнителя из полостей закарстованных гипсов, залегающих под дамбой. Эти породы повсеместно скрываются под днищем долины р. Ирени и обнажаются в ее скалистых берегах. Выявить эти полости заранее и наметить «больные» участки дамб практически невозможно.

В 1987 г. борьба населения со стихией увенчалась успехом, и с помощью береговых дамб удалось отстоять от затопления жизненно важные объекты и жилые районы. На борьбу с наводнениями и их последствиями были потрачены десятки миллионов рублей. В период угрожающего подъема речного уровня круглосуточно велись работы по наращиванию защитных дамб. Общая их протяженность в районе г. Кунгура достигала 30 км, а высота местами составляла 3–4 м и более.

Низкие весенние половодья могут также вызвать непредвиденные потери. Периодически это приводило к срыву планов завоза грузов в северные районы и сплава леса. Так, в 1975 г. низкие уровни послужили причиной повторной буксировки 28% заготовленной древесины, несмотря на дополнительное привлечение материальных и трудовых ресурсов. Только на берегах р. Иньвы остались несплавленными 180 тыс. м³ заготовленного леса. Низкое половодье приводит и к малому поступлению воды в водохранилища и снижению выработки электроэнергии. В том же 1975 г. вследствие этого ГЭС области недовыполнили план выработки электроэнергии на 1,38 млрд. кВт-ч. Низкая водность рек в

межень может вызвать затруднения в работе водозаборных сооружений. На судоходных реках в летнюю межень происходят срыв гарантийных глубин и, как следствие, недогрузка большегрузного флота.

Зажоры (закупорка живого сечения реки в период осеннего ледохода или ледостава внутриводным льдом) приводят к подъему уровня воды в реках, а иногда и к затоплению хозяйственных объектов. На Каме в районе пос. Гайны и с. Бондюг и р. Яйве такие подъемы достигают в отдельные годы 1,5–2,0 м, на Чусовой – 0,7–1,2 м.

Заторы льда (стеснение русла в период весеннего ледохода) еще более характерны для рек области и приводят к большим подъемам уровням воды выше мест их образования. На Верхней Каме заторные подъемы уровней достигают 2,0–2,5 м, на реках Пильве, Кутиме, Язьве, Колве, Яйве, Велве, Обве и ряде других – от 0,5 до 2,0–2,5 м. Наивысшие подъемы уровня выше заторов льда отмечены на р. Чусовой у пос. Кын (2,8 м), р. Ирени у д. Шубино (2,7 м) и Сылве у с. Подкаменное (3,4 м). Часто возникают заторы льда в зонах выклинивания подпора камских водохранилищ на притоках р. Камы. При образовании заторов характерно очень резкое повышение уровней воды. Удерживаются заторы обычно несколько суток. В наиболее опасных случаях производятся разрушения льда взрывами.

Ледовые заторы на реках Пермского края – достаточно частое явление, в ряде случаев они приводят к подтоплениям населенных пунктов, разрушению мостов. Заторы образуются чаще всего в первые дни ледохода, а продолжительность их не превышает 4 суток. Интенсивность подъема уровней при заторах достигает 2–3 м/сутки. Обычно заторные максимумы половодья существенно ниже пиков, обусловленных высокой интенсивностью снеготаяния.

Исследования особенностей развития ледовых заторов на водосборе Воткинского водохранилища выполнены В.Г. Калининым [10]. Создана база данных мест развития ледовых заторов по результатам анализа режимных наблюдений и анкетирования населения 168 населенных пунктов, где существует вероятность образования заторов. В результате выявлено 10 пунктов ежегодного образования заторов (повторяемость более 75%), 32 пункта, где заторы наблюдаются часто (повторяемость 25–75%), в 73 пунктах – редко (повторяемость менее 25%). В 113 населенных пунктах заторы не наблюдаются совсем. Полученные данные анкетирования были проанализированы и скорректированы по результатам наблюдений на гидрологических постах.

Участки с ежегодным формированием заторов расположены в горной части водосбора и наблюдаются на реках Яйва, Косьва, Усьва, Чусовая, Межевая Утка, Вогулка. Заторы образуются в среднем и нижнем течении рек в местах излучин, впадения притоков (рис. 5).

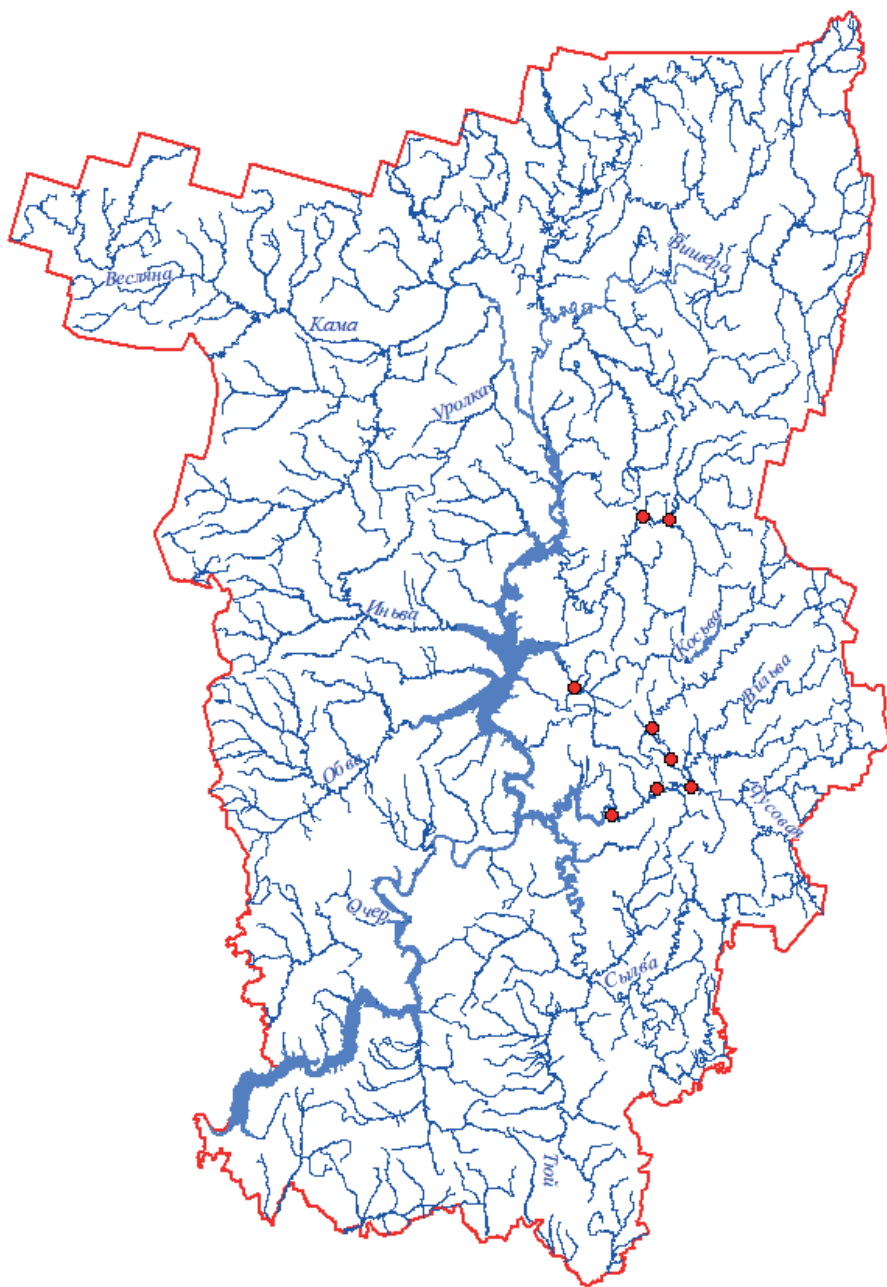


Рис. 5. Участки с ежегодным формированием заторов на реках Пермского края [10]

Частое образование заторов наблюдается также преимущественно на горных реках (Косьва, Вильва, Койва), причем не только в среднем и нижнем течении, но и в верховьях, где характерно увеличение уклонов и скоростей течения. В то же время процессы заторообразования отмечаются и на равнинных реках как северной, так и южной частей водосбора в местах резких поворотов и перекатов: Колва, Кама, Обва, Очер, Тулва, Бабка Барда, Сылва (рис. 6).

Места редкого образования заторов носят повсеместный характер, т.е. встречаются на большинстве малых и средних рек рассматриваемой территории (рис. 7).

Детальный анализ всей имеющейся информации о заторах с использованием карт масштаба 1:100000 показал, что формирование и повторяемость их возникновения определяются в основном местными условиями, к числу которых следует отнести наличие острова, мостового перехода, поворота, петли, сужения русла, впадения притока [10].

Наиболее часто встречается совокупность трех или даже четырех факторов. Из их числа в 90% случаев имеет место сужение, в 80% – наличие островов и в 70% случаев – поворот русла. Ежегодная повторяемость заторов характерна для среднего и нижнего течения горных рек (100%), таких как Яйва, Косьва, Усьва и Чусовая. Для случаев с частой повторяемостью заторов характерно одновременное действие 2 факторов в 24 случаях из 32, или 75%. Частота одновременного действия 3 и 1-го фактора резко снижается (15,6 и 9,4% соответственно) [10].

Из числа причин основная доля приходится на поворот (50%) и сужение (46,9%). При этом если наличие петли и поворота считать условно за один фактор, то частота повторения составит 87,5%. В 31,3 случаев встречается наличие острова как дополнительной преграды и, следовательно, причины заторообразования. На такие факторы, как наличие моста и впадение притока, приходится (25 и 15,6% соответственно). Случаи повторения заторов категории «часто» наблюдаются в 62,5% на горных реках [10].

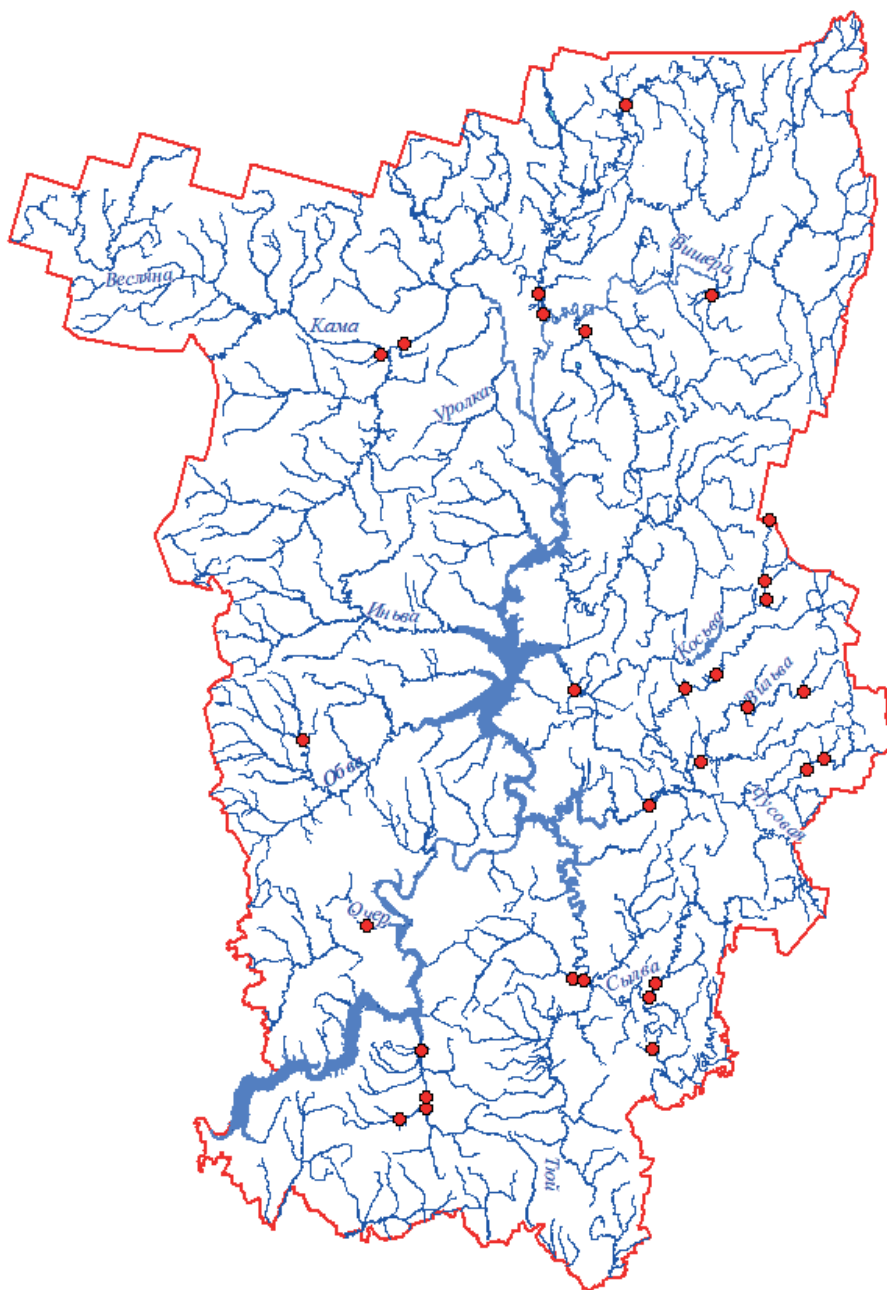


Рис. 6. Участки с частым образованием затворов на реках Пермского края [10]

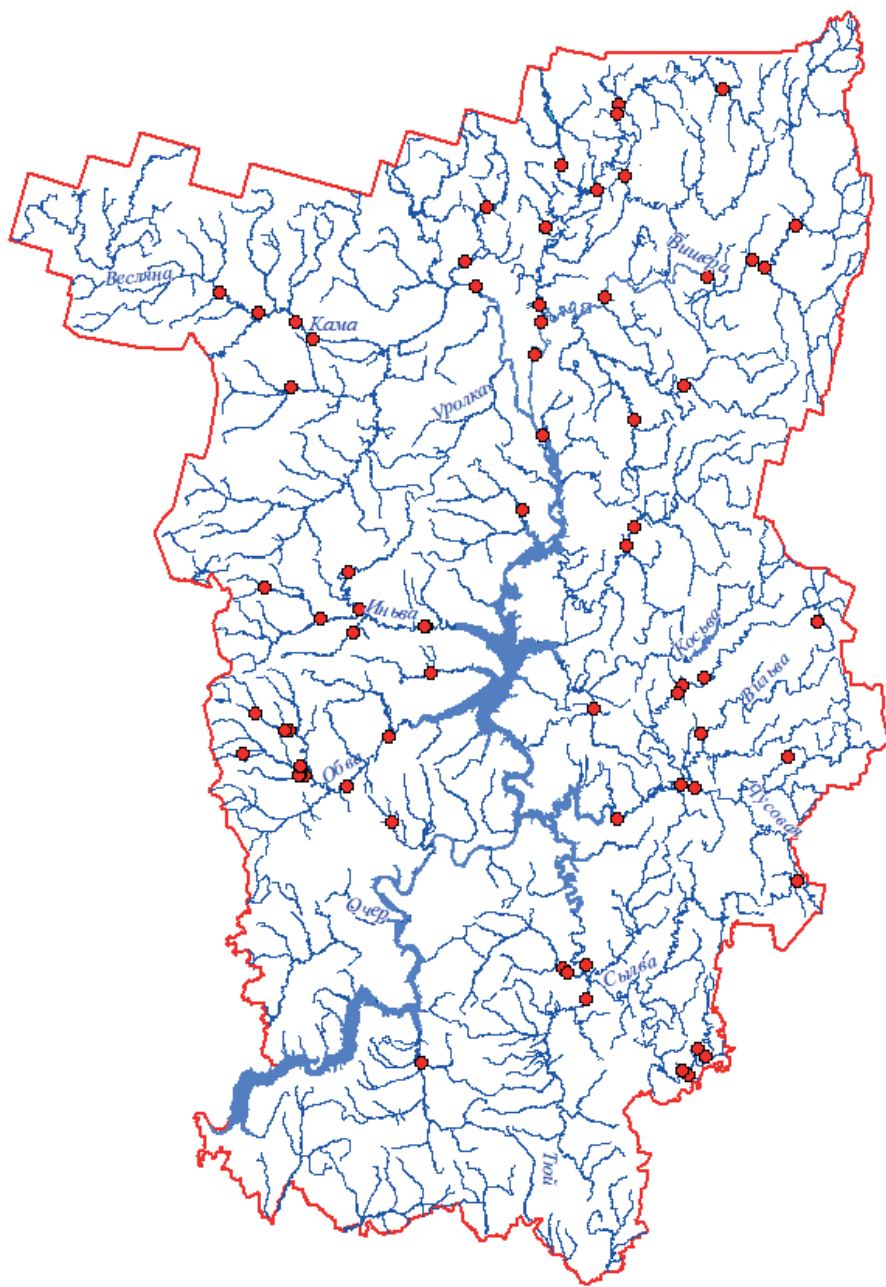


Рис. 7. Участки с редким образованием заторов на реках Пермского края [10]

Для случаев появления заторов с категорией «редко» характерно действие одного фактора (82,2%). Одновременное действие 2 факторов отмечено в 17,8% случаев, а 3 и более факторов вообще не наблюдалось. Главной и наиболее часто встречающейся причиной является наличие петли или поворота (86,3% общего количества). Для случаев «редко» повторяемость их появления на горных и равнинных реках примерно одинакова (45,2 и 54,8% соответственно).

По данным ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» за период 1991–2021 гг. сведений об ОЯ, связанных с заторными явлениями на реках Пермского края, нет.

Наледи на реках Пермского края благодаря мощному снежному покрову обычно отсутствуют или бывают небольшими. Однако при возникновении особых погодных условий начала зимы (1928, 1937. 1947. 1949, 1966 и др.) они могут резко проявить себя и представить опасность для различных сооружений. Такими условиями являются сильные понижения температуры воздуха при очень незначительном снежном покрове, что приводит к перемерзанию малых и даже средних рек в отдельных участках и выходу воды на лед. Так, зимой 1966–1967 гг. перемерзли почти все малые реки области. Насколько коварными могут быть даже самые малые реки, воочию убедились жители Перми, Чусового, Лысьвы, Чернушки и других населенных пунктов. Толщина наледей на отдельных участках достигала 1,5–4 м. Заполнив русло реки, лед разрушал мосты. Выходя из берегов, он «разливался» по пойме. Наледная вода замораживала ямы с овощами, стога сена, штабеля готовой к молевому сплаву древесины, проникала в подвалы жилых домов и предприятий, выходила на автомобильные и железные дороги. Для борьбы с наледной водой и были созданы специальные бригады, подключена военная техника. Огнеметами, мотопилами, бульдозерами, экскаваторами прокладывались траншеи для отвода наледной воды, взрывали лед, сооружали защитные дамбы из земли, снега и бревен. В отдельных случаях приходилось эвакуировать население.

Гидрологический риск на водохранилищах

Он также связан с экстремальными уровнями воды, но есть еще один фактор – техногенный, который приводит к загрязнению водоемов.

Экстремальные уровни воды на водохранилищах. Экологическую опасность на водохранилище создают экстремальные уровни воды и даты их наступления. Поэтому рассмотрена динамика значений наивысшего навигационного, а также наинизших летних и зимних уровней по всем постам Камского водохранилища. В описываемый ряд вошли годы как повышенной, так и пониженной водности.

Характеристика формирования наивысшего навигационного уровня.

Максимальных значений уровень воды в водохранилище может достигать:

- 1) во время весеннего наполнения (17 случаев из 21);
- 2) во время летних и осенних дождевых паводков (4 случая из 21).

При формировании максимальных навигационных уровней в период весеннего наполнения водохранилища возможны несколько вариантов:

Наивысшие значения уровней наблюдаются в конце второй декады мая. Примером может служить весна 1982 г., когда наибольший подъем уровня воды отмечался с 17 по 20 мая. При этом наиболее ранние даты наступления максимальных уровней зарегистрированы в центральной части водоема – на постах Островная – Чермоз – Висим – 17 мая. На день позднее (18 мая) наивысших навигационных значений уровень достиг в районе переменного подпора – Усть-Пожва – Березники. И только 20 мая он был отмечен у плотины Камской ГЭС.

Наивысший навигационный уровень формируется в третьей декаде мая. Этот вариант может иметь несколько разновидностей:

а) максимальные уровни отмечаются с интервалом в 1–2 дня по всей длине плеса. Примером является конец мая 1965 г., когда в верхней части водохранилища (г. Березники) 23–25 мая был зарегистрирован наивысший навигационный уровень: 25 мая он отмечен в Усть-Пожве, а также на Островной и посту Висим. На 1 день раньше (24 мая) максимальной навигационной отметки уровень достиг в Добрянке, Хохловке и у плотины Камской ГЭС. Подобное развитие в формировании максимальных уровней наблюдалось и в многоводном 1979 г.: 17 мая – на посту Березники, 24 мая – Усть-Пожва, Чермоз, 25 мая – Висим, Добрянка, КамГЭС;

б) в верхней части водоема и его центральной части наивысшие уровни формируются в конце мая, а в нижнем районе водохранилища – только во второй декаде июня (1964, 1975 гг.). Так, в 1964 г. от Березников и до пгт Слудка включительно максимальные уровни отмечались 27–29 мая, а на участке от Добрянки и до створа Камской ГЭС лишь спустя более двух недель – 16 июня. При наполнении водоема в 1975 г. наивысшей отметки в навигацию уровень воды у Березников и Усть-Пожвы достиг 19 мая, 22 мая он наблюдался в центральной части водоема (Островная-Чермоз) и только 8–9 июня был зарегистрирован по постам Висим, Добрянка, Хохловка и Камская ГЭС;

в) максимальный навигационный уровень формируется в первой или второй декадах июня. Это один из наиболее распространенных вариантов, который имеет несколько разновидностей: а) уровни достигают наивысших навигационных отметок почти одновременно по всей длине плеса (1967 г. – с 14 по 19 июня; 1978 г. – с 13 по 18 июня; 1970 г. – со 2 по 3 июня); б) максимальный уровень раньше уста-

навливаются в Березниках и у Камской ГЭС (1972 г. – 5–7 июня и затем с интервалом 5–6 дней – в центральной части водоема).

Камское водохранилище работает на не зарегулированном стоке, поэтому естественное увеличение в летне-осенний сезон осадков сверх их норм в его бассейне вызывает интенсивный приток в водохранилище. Последнее сказывается на высоте стояния уровней воды. Дождевые паводки вызвали подъем уровней в водохранилище до наивысших навигационных отметок 4 раза. Это имело место в 1968 г. (5–7 августа), в 1971 г. (11–12 июля), в 1973 г. (22–24 октября) и в 1984 г. (29–30 октября). В зависимости от распределения осадков по бассейну и времени их интенсивного выпадения возможны различные варианты выхода уровней воды в водохранилище на максимальные навигационные отметки. В 1968 г. в начале подъем уровня до наибольших значений был зарегистрирован в центральной части водоема, затем волна паводка распространилась вверх и вниз по водохранилищу. В 1971 г. паводок захватил только центральную и нижнюю части водоема. Осенние паводки отличаются от летних большей синхронностью проявления. В 1975 г. подъем уровней воды до максимальных навигационных значений был отмечен в один день (24 октября) практически по всем постам Камского водохранилища. Наивысших за навигацию отметок уровень достиг на Островной – 29 октября, в Усть-Пожве, на Висиме, в Добрянке и у плотины Камской ГЭС – 30 октября, а в Чермозе 31 октября.

Характерно, что во всех случаях с дождевым паводками максимальные навигационные уровни имели отметки 108,6–108,8 м абс. Это свидетельствует о том, что паводки развивались в условиях заполненного до НПУ водохранилища.

Сопоставление абсолютных значений максимальных навигационных уровней показывает на их увеличение от плотины Камской ГЭС к району переменного подпора. Во всех случаях наибольший из максимальных навигационных уровней наблюдался при наполнении водоема – весной. При этом на семи постах из восьми расположенных на главном плесе Камского водохранилища он имел место весной в годы повышенной водности. Характерно, что на своей абсолютной величине максимальные уровни превышают отметку НПУ не более чем на 0,24–0,38 м. За весь рассмотренный период они ни разу не приближались к отметке форсированного горизонта, который для Камского водохранилища установлен 110,2 м абс.

Приведенные значения максимальных навигационных уровней свидетельствуют, что сколько-нибудь значительной экологической опасности за счет затопления территории верхнего бьефа Камского водохранилища не наблюдалось.

Высокий подъем уровня в водохранилище создает реальную опасность в плане активизации переработки берегов водоема. Примером может служить ве-

сеннее наполнение 1967 г. В первоначальный период наполнение водохранилища шло с опозданием от нормальных сроков в среднем на 10 дней. С первых чисел мая 1979 г. установилась сухая и теплая погода, вызвавшая бурное снеготаяние в бассейне. Высокий суточный приток в водоем сохранился практически в течение всего мая. Уже к 10 мая приток в Камское водохранилище достиг $19000 \text{ м}^3/\text{с}$ и был наибольшим за весь период существования этого водоема. Расходы через Камскую ГЭС были увеличены до $10500 \text{ м}^3/\text{с}$ и удерживались в этом пределе до 20 мая. Такое длительное прохождение транзитом паводочной волны при высоком уровне и на больших скоростях активизировало процессы переформирования берегов Камского водохранилища. На участках наблюдений в приплотинной части водоема берега обрушились в среднем на 10 м. Высокое стояние уровней в водоеме оказывает опосредованное влияние на размеры ветровой волны. Подъем уровней до максимальных навигационных значений обуславливает увеличение глубин по длине разгона волны. Следует учитывать, что это по времени совпадает с периодом весенних и осенних штормов на водохранилище.

Зимняя сработка водохранилища. Минимальные зимние уровни формируются в ходе зимней сработки водной массы Камского водохранилища, осуществляющего сезонное регулирование стока. Она начинается с 1 ноября (или позднее в соответствии с требованиями энергосистемы) и выполняется по диспетчерскому графику с расчетом опорожнения водохранилища к 20 апреля до отметки 101–105 м абс. в зависимости от водности года. Максимальное понижение уровня составляет 7,5 м.

В формировании минимальных значений зимних уровней на Камском водохранилище возможно несколько вариантов:

1. В начале наименьшего значения зимний уровень достигает в районе переменного подпора водоема – г. Березники. Это имело место в 1964 г. 16 апреля. Затем 18 апреля отмечается в центральной части водохранилища (Островная-Висим) и только 20 апреля, т.е. спустя 4 дня, он фиксируется в его нижней части (Добрянка-КамГЭС);

2. Более часто верхний район водоема (г. Березники) выходит из подпора в первой декаде апреля (4–9 апреля) и здесь зимние уровни достигают наименьших значений. В остальной части водохранилища минимальные значения уровня отмечаются почти синхронно по всей акватории от Пожвы до Камской ГЭС. Даты их наступления могут различаться на 1–2 дня. В большинстве случаев они приходится на вторую декаду апреля (11–17 апреля), реже на первую декаду этого месяца и крайне редко – на третью декаду апреля.

Абсолютная величина наименьших значений минимальных зимних уровней составила: Березники – 101,95, Усть-Пожва – 100,30, Островная – 100,20,

Усть-Косьва – 100,13, Висим – 100,12, Добрянка – 100,16; Хохловка – 100,47, КамГЭС – 100,07 м. абс. Приведенные значения показывают, что во всех случаях они были ниже проектной отметки зимней сработки, равной 101,00 м абс.

Зимнее понижение уровней воды в водохранилище до минимальных значений негативно сказывается на экологической ситуации в водоеме. В первую очередь это касается ихтиофауны, переработки береговой отмели и условий зимовки флота.

В ходе зимнего понижения уровней обсыхают значительные площади мелководной зоны. Это характерно для центральной и верхней частей водохранилища. На большей части Иньвенского, Косьвинского и Обвинского заливов и прилегающей к ним акватории лед ложится на грунт. То же происходит на левобережье от п. Орел до п. Усть-Пожва и в Яйвинском заливе. Глубокая зимняя сработка водоема вызывает массовую гибель рыбы. Ее следствием является также сокращение кормовой базы рыб в осушаемой и промерзаемой зонах. Это отрицательно сказывается на темпе роста рыб, уменьшает упитанность и повышает ее смертность.

С зимним понижением уровня воды связана берегоформирующая роль льда. Мощность ледяного покрова на мелководных участках Камского водохранилища может достигать 1,0–1,5 м. К концу зимы ледовый покров располагается значительно ниже бровки прибрежной отмели. Механическое воздействие всплывающего в начале весеннего наполнения льда проявляется во вспашке мелководий и частичном разрушении уступов отмели. Перемещение льдин уничтожает затопленный лес, выкорчевывает пни на мелководьях. На крутых склонах подтаявшие льдины, смещаясь вниз, также производят разрушение берегов, выламывая глыбы породы. Таяние льда и снега на прибрежной отмели способствует усилению эрозионной деятельности временных потоков, а, следовательно, частичному ее разрушению. В случае смерзания льда с торфяной залежью, что характерно для верхней части водоема, всплытие льда ведет к образованию сплавин и плавающих торфяных массивов. Таким образом, зимнее понижение уровня воды принимает участие в формировании биогенных берегов водохранилища. При глубокой зимней сработке возможна аварийная ситуация в затонах и местах зимнего отстоя флота. Это следует учитывать как при зимнем регулировании стока из водоема, так и при выборе мест зимовки судов.

Обмен вод как показатель самоочищающей способности водоемов.

С уровнем воды связаны и другие характеристики гидродинамического режима, например, водообмен и проточность.

Интенсивность водообмена является важнейшей характеристикой состояния экосистемы любого водного объекта, в том числе и искусственных водоемов,

каковыми являются водохранилища. Объясняется это тем, что от интенсивности водообмена зависят многие процессы, определяющие условия «жизни» экосистем: накопление загрязняющих веществ, насыщение водной массы кислородом, интенсивность обменных процессов и пр. Большую роль водообмен играет в процессах самоочищения водоемов, которые находятся в прямой зависимости от его интенсивности. С уменьшением водообмена возрастает риск существования самой экосистемы. С водообменом тесно связана такая характеристика водохранилищ, как проточность, которая определяет скорость перемещения водных масс в пределах изучаемых участков.

Водообмен. В период наполнения водохранилища весной интенсивность водообмена на всех морфометрических участках заметно выше (в 3–15 раз), чем в зимнее и летнее время. При этом максимальные величины относятся к верхней части водоема, минимальные – к приплотинному участку. На водохранилище отмечается некоторое увеличение величин водообмена во время прохождения дождевых паводков в летне-осенний период. Максимальные величины обмена вод отмечаются в многоводные годы, минимальные – в маловодные. Так, внешний водообмен в период весеннего наполнения водоема (май) на 1-м участке Камского водохранилища (Березники-Быстрая) в многоводном году составил 36,3; в то время как в маловодном году на этом же участке он был заметно ниже – 16,3. На 6-м участке водоема (Чермоз-Слудка) эти величины были равны соответственно – 15,2 и 3,7; в приплотинной части водоема (Добрянка-КамГЭС) – 19,6 и 4,9. Водность лет влияет на величину водообмен в период весеннего наполнения водохранилища и почти не сказывается в другие фазы водного режима водоема.

Исследования показали существенное отличие в обмене вод отдельных частей водоема. Максимальный водообмен отмечается в верхней части водохранилища, минимальный – в центральной расширенной части водоема, далее к плотине КамГЭС он несколько возрастает. Так, в весенний период (май) среднего по водности года (1966) обмен вод на 1-м участке водохранилища составил 16,0 раз, в центральной части (6-й участок) – 4,9 раза, на приплотинном участке – 11,1 раза. В другие периоды года картина почти аналогична. В летне-осенний период (август) в различных частях водохранилища (те же участки) обмен вод составил – 1,6; 0,6; 1,6 раза; зимой (февраль) – 2,6 (1-й), 1,0 (6-й) и 2,6 (9-й) раза.

Проточность. Способы оценки величины проточности разработаны Н.В. Пикушем и Т.П. Девятковой. Первый показатель – это характеристика скоростного режима водоема. Он характеризует современное состояние водоема и может рассматриваться как коэффициент транзитного водообмена, т.е. как показатель транзитного движения водных масс внутри водоема. Вторым показа-

тель представляет собой отношение скоростей проточного течения (по автору коэффициента) в условиях водохранилища и в условиях реки (на которой создан водоем) при одном и том же расходе воды, т.е. он показывает изменение скоростного режима в условиях искусственного водоема по сравнению с бытовыми (речными) условиями. Как правило, скорости течений на водохранилище меньше, чем в реке, что свидетельствует об уменьшении самоочищающей способности водохранилища.

Внутригодовой ход коэффициента проточности (K_n) на Камском водохранилище аналогичен годовому ходу других важнейших гидродинамических характеристик водоема. Максимальная проточность отмечается в апреле-мае. Она характерна для периода конца зимней сработки и начала интенсивного наполнения водоема весной. После полного наполнения водохранилища проточность существенно снижается и в течение всего летне-осеннего периода она заметно ниже, чем в весенний период. Некоторый рост проточности происходит во время осенних дождевых паводков. Значения коэффициентов K_n в зимний период на границах морфометрических участков водохранилища в различные по водности годы несколько выше, чем летом. Годовой ход проточности на различных участках водоема аналогичен. Максимальна она в верхних частях водоема, в центральных и нижних районах она заметно меньше.

В многолетнем разрезе отмечается зависимость проточности водохранилища и его отдельных частей от водности лет. Максимальные ее величины характерны для многоводных лет, минимальные – для маловодных лет. Влияние водности обнаруживается в весенний период, в другое время оно почти полностью отсутствует.

Проточность в различных частях водохранилища не одинакова. Для водоема характерна общая тенденция уменьшения K_n от района переменного подпора к плотине ГЭС. Максимальные величины отмечаются в верхних частях водоема. Для Камского водохранилища характерен сложный характер изменения проточности по его длине – уменьшение от входного створа к центральной части и некоторое увеличение к плотине ГЭС. Такая картина изменения K_n по длине водоема каскада характерна для всех периодов года (весна, лето-осень и зима). Наиболее заметные колебания проточности отмечаются в весенний период. В летне-осенний и зимний периоды они значительно ниже. Так, в средний по водности год (1966) в весенний период (май) проточность по длине Камского водохранилища изменялась следующим образом: Тюлькино (входной створ) – 1,06; Пожва (вход в центральную часть) – 0,40; Чермоз – 0,04; Добрянка – 0,24; КамГЭС – 0,16.

Таким образом, наиболее вероятно возникновение экологического риска, связанного с замедленным водообменом и проточностью, а, следовательно, ма-

лым смешением промышленных стоков, поступающих из района Соликамско-Березниковского промузла, на участках центральной части водоема (Пожва-Чермоз, Чермоз-Слудка). Из фаз водного режима водоема риск возможен прежде всего в период зимней сработки водохранилища (февраль-март).

Гидрохимический режим. В связи с расположением в верхней части водохранилища крупнейшего Соликамско-Березниковского промышленного комплекса наиболее уязвимыми с позиции химического состава воды (т.е. превышений норм ПДК) являются первые три участка водоема (Тюлькино-Березники, Березники-Быстрая и Быстрая-Пожва). Именно в этой части водохранилища в многолетнем аспекте неоднократно имело место превышение ПДК как по минерализации, так и по ряду компонентов химического состава (хлоридам, сульфатам, биогенным элементам и т.д.). Такая ситуация наблюдалась на протяжении нескольких десятков лет. Постройка рассеивающего выпуска промышленных стоков Березниковского промузла заметно улучшила ситуацию в водоеме (интенсивнее идут процессы смешения и разбавления загрязнений). Снижение промышленного производства в последнее десятилетие прошлого века сыграло положительную роль в уменьшении загрязнения водоема. Однако этот факт не является признаком снижения техногенного пресса на водоем и, поскольку промышленное производство в городах Березники и Соликамск постепенно восстанавливается, то наряду с этим возрастает загрязнение водохранилища. Несомненно, положительную роль в интенсивности разбавления и смешения сточных вод городов Соликамск и Березники играет тот факт, что максимальный обмен вод в водохранилище наблюдается именно в верхней части водоема (Тюлькино-Быстрая).

В период низких уровней воды в зимнее время загрязненные струи перемещаются в основном в глубинных слоях, что способствует появлению застойных (загрязненных) зон в центральной части водохранилища (Пожва-Чермоз), обмен вод в которой в этот период характеризуется минимальной по всему водоему интенсивностью.

Наиболее уязвимой с позиций загрязнения водоема, а следовательно, и возможности возникновения гидрологического риска является фаза зимней сработки водоема. Возможно возникновение риска и в период летне-осенней стабилизации уровня воды в водохранилище, хотя вероятность его проявления в это время заметно меньше.

Гидрохимический режим водохранилища в условиях современной техногенной нагрузки характеризуется следующим: в период зимней сработки водоема превышение ПДК отмечается по иону аммония (верхняя часть водоема), $Fe_{общ.}$, Cu, Mn, Zn, Pb, ХПК, O_2 (по всему водоему); во время весеннего наполнения водохранилища – по иону аммония (верхняя часть водоема), $Fe_{общ.}$, Cu, Mn,

ХПК (по всему водоему); в летне-осенний период – по $Fe_{\text{общ.}}$, Cu, Mn, Zn, ХПК (по всему водоему), O_2 (приплотинная часть).

Расчет годовых балансов химических (минеральных) веществ за многолетний период показал, что все морфометрические участки водохранилища характеризуются положительными их значениями: поступление объема веществ превышает их расход. Наибольшие годовые величины суммарной составляющей отмечаются на участках Тюлькино-Березники, Березники-Быстрая благодаря поступлению сильноминерализованных сточных вод Соликамско-Березниковского промышленного узла.

Таким образом, анализ гидрологических рисков, возникающих на реках Пермского края, показал, что основным обуславливающим их фактором является весеннее половодье. Планомерное осуществление защитных и профилактических мероприятий позволяет снизить угрозу затопления городов и поселков и более успешно и рационально решать проблемы их благоустройства и дальнейшего развития.

На водохранилищах риск более разнообразен, так как обусловлен не только природными, но и техногенными факторами. Природные факторы – подъем уровня воды в водохранилище выше допустимого. Исходя из этого необходимо производить через плотину холостые сбросы, что наносит ущерб энергетике, но предотвращает прилегающие к водоему районы от затопления. В период зимней сработки водохранилища наиболее вероятно возникновение экологического риска, связанного с замедленным водообменом и проточностью, а, следовательно, малым разбавлением и смешением промышленных стоков. О наличии риска от химического загрязнения можно судить по годовым балансам химических (минеральных) веществ.

Большую помощь в работе гидрологам оказывают современные технологии. Использование космических снимков территории и программных средства, таких как «HEC-RAS», «MapInfo», «ArcGis» и мн.др., позволяет создавать модели затопления территории (рис. 8) при различных гипотетических авариях, разрушениях ГТС, прохождениях большого по объему весеннего половодья. Это позволяет разработать оперативные планы мероприятий по ликвидации последствий аварий и их предотвращению.



Рис. 8. Зона затопления при уровнях воды вероятностью превышения 1%: р. Кама – с. Бондог

4. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ РОДНОГО КРАЯ

Камеральные подготовительные работы:

1) выбор региона исследований – город, административный район города, микрорайон школы; водосборная площадь (бассейн) конкретного водного объекта и т.п.;

2) выбор видов водных объектов – реки, озера, болота, подземные воды (родники, скважины, колодцы), пруды, водохранилища, каналы или конкретный водоем, водоток;

3) знакомство с азами наук о воде (гидрология, гидрогеология, гидрохимия, гидрофизика, экология вод, санитария и т.п.);

4) ознакомление с основами техники безопасности (ТБ) гидрологических и экологических работ, санитарными нормами и правилами (СНиП). Сдача зачета по ТБ полевых исследований;

5) литературная и картографическая разведка – сбор сведений об изучении, использовании, охране интересующего водного объекта;

6) выявление заинтересованных организаций и возможных спонсоров. Установление контактов с природоохранными организациями, учебными и научными гидрологическими центрами, местными органами власти. Консультации у специалистов;

7) составление плана исследований водного объекта на конкретный период с учетом заявок заинтересованных организаций, заданий ученых.

Полевые визуальные рекогносцировочные (предварительные, разведочные) **исследования** заключаются в организации экскурсий, походов, экспедиций с целью изучения водных объектов своего края (в первую очередь, неизученных малых водных объектов; водоемов и водотоков с ухудшающейся экологической обстановкой; водных достопримечательностей), составлении абрисов:

1) организация наблюдений за режимом водных объектов (уровни, расходы воды, температурный и ледовый режимы, гидрохимический состав вод, твердый сток, русловые процессы и др.) на временных водомерных постах, в конкретных створах, вдоль всего водотока;

2) изучение положительного и отрицательного влияния на водные объекты условий формирования их на водосборе (визуально), связанных:

- с действием природных факторов: гидролого-геоморфологических (геологическое строение, рельеф, полезные ископаемые), гидролого-климатических (климат, воды), почвенно-биогеографических (почвы, растительность, животный мир);

- действием антропогенных факторов, использованием вод человеком в хозяйстве и быту (промышленность, сельское хозяйство, водный транспорт, гидроэнергетика, рыболовство, мелиорация, водоснабжение, канализация, водные виды отдыха, спорт, туризм, медицина – таласотерапия);

- с засорением, загрязнением, истощением вод;

- с природоохранной деятельностью человека (соблюдение водоохранного законодательства, ГОСТов и СниПов, паспортизация памятников природы и др.);

3) сбор сведений об особо опасных гидрологических явлениях – ООГЯ (наводнение, подтопление, пересыхание и перемерзание рек, мощные ледоходы, заторы и зажоры льда, наледи, полыньи, «обсыхание» льда при сработке уровней водоемов, исчезновение вод, замор, обратное течение, водовороты, мели, перекаты, пороги, ветровое волнение, штормы, заболачивание, овражная эрозия, оползни, обрушение берегов, карст, торфяные пожары и др.), обусловленных деятельностью человека. Выявление видов ООГЯ, определение частоты их проявления, возможных причин и мер борьбы с ними. Составление актов опроса местных старожилов; сбор фотодокументов, картирование мест ООГЯ, описание конкретных явлений, расчеты;

4) оценка современного состояния водных объектов: русла, берегов, водосбора, воды по визуальным наблюдениям (мусор, водозабор, выпуск сточных вод, оползни и т.п.), гидрохимическим анализам (отклонение от ГОСТов); расчетам; гидробиологическим данным (наличие растений и животных – индикаторов) и др.;

5) оценка современного использования водного объекта для целей отдыха: пляжи, масштабы их использования населением, санитарное состояние берегов по визуальным наблюдениям (мусор, места спуска сточных вод, выпас скота и др.) и оценка качества воды по органолептическим показателям (запах, цвет, мутность, pH) и показателям органического загрязнения воды (азот аммиака, азот нитритов, хлориды);

6) выявление, паспортизация водных достопримечательностей, требующих охраны (живописные обнажения по берегам, причудливые излучины рек, водопады, цепочки островов, озерные группы, «святы» источники, исторические пруды, водные объекты в составе комплексных исторических, ландшафтных и других памятников природы и культуры).

Примерный план описания водных памятников природы

– Наименование (официальное, местное; происхождение названия).

– Местоположение (район, микрорайон). Ориентиры для отыскания на местности (расстояние от железной дороги, поселка, озера и т.п.).

– Землепользователь: госземфонд, лесхоз, колхоз и т.п.

– Характер объекта (комплексный, ландшафтный, гидрологический, гидробиологический, исторический и т.п.).

– Размер (площадь, длина, ширина, глубина, высота) и границы.

– Значение (научное, учебно-просветительное, культурно-историческое, оздоровительное; мировое, российское, областное, местное).

– Использование и состояние объекта (не поврежден, а если поврежден, то в какой степени и чем: наводнение, ледоход, прокладка дороги и т.п.).

– Рекомендации по охране (перечень запретов и ограничений; необходимые мероприятия: ограждение, оформление вывесок, плакатов, правил пользования и др.). Шефство (чье).

Составитель (ф.и.о., адрес, подпись, дата).

Приложения: исторические сведения (с каких пор известен, когда и кем определена природоохранная ценность; архивные и другие источники сведений); фотографии, рисунки; карты, схемы и др.

Обработка результатов полевых работ:

1) составление карт, таблиц, графиков, рисунков, фотографий; написание рефератов, сочинений, стихов, сказок, рассказов, очерков и т.п.;

2) написание отчета о проведенных исследованиях. Составление комплексного эколого-гидрологического паспорта водного объекта;

3) ознакомление с результатами исследований и выводами из работы всех заинтересованных организаций и лиц (письменный отчет, устный доклад; сообщения в средствах массовой информации – газета, радио; выступления на соответствующих конференциях школьников, участие в различных конкурсах).

Участие школьников в практических действиях по сохранению и оздоровлению местных водных объектов:

1) выявление родников, паспортизация, оценка питьевых качеств вод, обустройство родников, шефство над ними (оформление предупредительных и разъясняющих табличек, правил использования; контроль за чистотой и т.д.);

2) учет и паспортизация малых рек, ручьев; организация субботников по очистке от мусора русла и берегов водных объектов с целью создания зон отдыха; посильная помощь взрослым в проведении санитарных мероприятий;

3) борьба с овражной эрозией: закрепление растительностью разрушающихся берегов и верховьев оврагов;

4) рейды «голубых патрулей»: в конце зимы – оказание помощи рыбе в периоды замора (прорубание лунок во льду); в период нереста рыбы – соблюдение времени и зон тишины (помощь взрослым в проведении ежегодных мероприятий); в начале лета – спасение (переселение) икры и мальков ценных пород рыб из пересыхающих водоемов на поймах рек и т.д.;

5) просвещение местного населения по вопросам бережного отношения к водным объектам, водным и рыбным ресурсам; разъяснение правил рыбной ловли и охоты на водоплавающую дичь – путем оформления стендов, плакатов, листовок (с экологическими правилами, требованиями, советами), чтение лекций на экологические темы, проведение консультаций по правилам очистки питьевой воды в домашних условиях и др.;

6) участие школьников в различных водоохраных мероприятиях: субботниках, акциях, операциях, конкурсах, например: «Живое серебро», «Малек», «Родничок», «Овраг», «Малым рекам – полноводность и чистоту», «Памятники природы Прикамья», «Дни Камы», «Вода на Земле», «Чистая вода», «Река моего детства», «Поможем реке», «Войди в природу другом» и др.;

7) проведение «под знаком воды» (т.е. с гидрологическим уклоном) многочисленных международных, государственных и местных праздников и дней (приведен перечень примерных названий, подходящих для мероприятий): 17/III – Всемирный день моря («Путешествие по дну Пермского древнего моря»); 22/III – Всемирный день воды («Вода на Земле, в России, в Пермском крае, в Перми», «Вода, которую мы пьем»); 27/III – Международный день театра (постановки на экологические темы: «Путешествие капельки воды», «Экологическая азбука», конкурс песни); 1-е воскресенье апреля – День геолога («Наука гидрогеология о родниках Перми», экскурсия в Кунгурскую ледяную пещеру); 7/IV – Всемирный день здоровья («Вода и здоровье человека»); 18/IV – Международный день памятников и исторических мест («Гидрологические памятники Прикамья – изучение, использование, охрана», фотоконкурс); 3-е воскресенье апреля – День Российской науки («Все о науке гидрологии», встреча с Пермскими учеными-гидрологами); 18/V – Международный день музеев («Музей воды», «Музей реки Чусовой», экскурсии); 27/V – День библиотек (выставки в библиотеке «Литература о воде на Земле», «Гидрология литературная» – рассказы, стихи, песни, частушки, пословицы о воде); 5/VI – День охраны окружающей среды («Воды требуют охраны», экскурсия на очистные сооружения Перми); 12/VI – День города («Пермь гидрологическая»); 2-е воскресенье июля – День рыбака («Все о рыбе и рыбной ловле в реках Прикамья», рыбный день в столовой); 25/VII – День военно-морского флота («Морская гидрология – океанология: великие открытия XX века в океане»); 2-е воскресенье августа – День физкультурника («Гидрология спортивная: водные виды спорта, водный туризм в Перми», соревнования по плаванию); 27/IX – Международный день туризма («Водный туризм в Прикамье», встреча туристов); 9/X – Международный день почты («Почтовая гидрология», выставка почтовых марок, конвертов, открыток, значков с гидрологической тематикой); 14/X – Международный день борьбы со стихийными бедствиями («ООГЯ на водоемах Перми и борьба с ними»);

24/X – День ООН («Международные организации, связанные с изучением, использованием и охраной вод»); 22/XII – День энергетика («Гидроэнергетика России, Прикамья, Перми»); 27/XII – День спасателя («Спасение на водах. Техника безопасности водных исследований», конкурс рисунков).

Творческий подход к «Календарю знаменательных дат» позволит разработать множество индивидуальных и общих заданий для школьников, способствующих расширению их географического кругозора, организации интересных мероприятий с некоторым эколого-гидрологическим уклоном, воспитанию бережного отношения к природным водам. «Перечень работ школьников по изучению и охране водных объектов Перми» не является обязательным для школ. Учителя и школьники имеют право выбрать конкретные работы. Исследования необходимо постепенно расширять и усложнять. Часть работ можно выполнить зимой – в виде индивидуальных заданий, рефератов, докладов на конференциях. Конкретные полевые исследования можно проводить в летнем экологическом лагере, в кружке «Аква», где каждый школьник может проявить себя: как художник, фотограф, поэт, музыкант; человек, увлекающийся географией, биологией, химией, физикой, литературой, историей, спортом. А в целом – «выиграют» наши малые забытые, брошенные всеми городские водоемы и водотоки, которые были когда-то и могут вновь стать украшением города, любимым местом отдыха горожан. Участие ребят в этих мероприятиях позволит повысить у них ответственность за сохранение природы родного края, развить навыки наблюдательности и исследований в природе.

5. ПРОГРАММА ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Предлагаемые программы описания рек, озер и болот могут использоваться как базовые для изучения водных объектов в условиях водного похода или стационарно на каком-либо их участке.

В зависимости от характера водного объекта, его хозяйственного назначения, перспектив использования и условий изучения (экспедиция, стационар) предлагаемая типовая программа может быть скорректирована – сокращены или вовсе опущены отдельные разделы или дополнена вопросами, являющимися основными для данного объекта.

Приводимые ниже описания водных объектов согласуются с методикой исследований Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Описание реки

1. Общие сведения о реке. Название реки. Административное положение. Координаты истока и устья. Длина реки. Площадь водосбора. Список основных притоков. Время обследования. Гидрографическая схема.

2. Местность, прилегающая к речной долине. Рельеф, растительность, грунты, дорожная сеть и условия проходимости.

Речная долина состоит из следующих основных элементов (рис. 9):

- **русло** – самая низкая часть долины, занятая водным потоком;
- **пойма** – нижняя часть речной долины. В половодье пойма обычно заливается водой и в естественном состоянии занята лугами. Очень часто в долине можно наблюдать два уровня пойм – высокий и низкий. **Низкая пойма** заливается в половодье ежегодно. **Высокая пойма** покрывается водой лишь один раз в несколько лет при самых больших подъемах воды. Пойма может располагаться как с обеих сторон русла, так и с одной стороны. В этом случае русло прижимается к одному из **склонов** долины. Сложены поймы речными наносами, которые называются **аллювием** (от латинского слова «аллювио» — наносы, смыв);

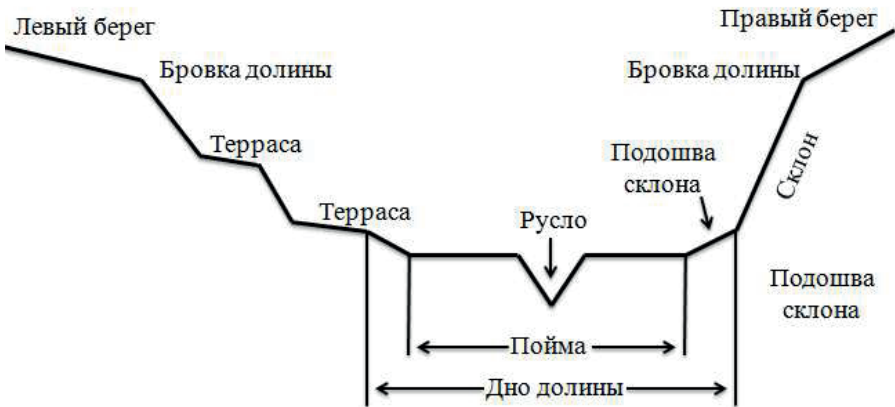


Рис. 9. Поперечный профиль речной долины и ее основные элементы

- **террасы** – расположенные на склонах речной долины выше поймы естественные горизонтальные или слабонаклоненные площадки различной ширины. Обычно в долине бывает несколько террас, которые ступенями спускаются к пойме. В прошлом любая терраса была поймой, но по мере углубления дна речной долины она перестала заливаться водой в половодье и превратилась в надпойменную террасу. Уступы, которыми террасы отделяются друг от друга, называются *склонами* террасы;

- в речной долине могут также встречаться **старицы** – полностью или частично отделившийся от реки участок ее прежнего русла, который представляет собой сильно заросшие или зарастающие заливы и озера.

Изучение речной долины нужно начинать с выбора точки, с которой будут хорошо видны все ее элементы: пойма, террасы и склоны берегов. Их границы сначала можно определить на глаз и нанести на план или карту, а затем можно выполнить **нивелирование** склона и получить более точные данные об элементах речной долины. Нивелирование – это определение высоты точек земной поверхности (в нашем случае – берега реки) относительно некоторой выбранной точки с помощью специальных сложных оптических приборов - нивелиров. По результатам нивелирования чертят профиль долины: для чего подбирают горизонтальный и вертикальный масштабы чертежа. Для удобства вертикальный масштаб обычно берут в 5–10 раз больше, чем горизонтальный, например, при горизонтальном масштабе 1:1000 (в 1 см–10 м) вертикальный масштаб равен 1:100 (в 1 см–1 м). Удобнее всего такой профиль начертить на миллиметровой бумаге.

3. Долина. Типы долин. Ширина долины, места характерных сужений и расширений. Склоны – их высота, внешний вид, крутизна, рассеченность, растительность, грунты. Террасы – их количество, высота залегания над рекой, высота и крутизна уступа, уклон (продольный, поперечный), ширина, изрезанность, растительность и грунты. Оползни, осыпи и выходы грунтовых вод. Дороги, проходящие по склонам и дну долины.

4. Пойма. Положение поймы в плане и по высоте. Ширина поймы (наибольшая, наименьшая и преобладающая). Характер поверхности (рельеф, пересеченность). Растительность и грунты. Затопление поймы – сроки, глубина, продолжительность. Проподимость поймы по сезонам.

5. Русло. Извилистость и разветвленность русла – острова, притоки, рукава, старицы, заливы. Русловые образования – плесы и перекаты, пороги, пороги-водопады, осередки, отмели, косы. Уклоны водной поверхности. Ширина, глубина и скорость течения на плесах и перекатах, а также в отдельных пунктах и для всего участка (преобладающая, наибольшая и наименьшая). Пересыхание реки (полное или частичное). Неустойчивость русла. Зарастаемость и засоренность русла. Дно – характер и грунты. Берега реки – высота, крутизна, растительность, грунты, размываемость, искусственное обвалование.

6. Мосты и переправы. Местоположение. Тип, материал и конструкция. Размеры – длина, ширина. Грузоподъемность. Подъезды. Дополнительно: для мостов – число и ширина пролетов и высота низа пролетного строения над наивысшим и низким (условным) уровнем воды, а для переправ – время, необходимое для переезда через реку.

7. Броды. Местоположение и вид брода. Размеры – длина, ширина. Наибольшая глубина и скорость течения на участке брода. Характер и грунт дна. Подъезды и спуски. Места, пригодные для переправы вброд.

8. Водный режим. Годовой ход уровня воды. Основные особенности годового хода уровня. Сезоны. Главные характеристики отдельных фаз уровня в соответствии с типом реки, средние и крайние сроки их наступления. Продолжительность половодья и паводков. Время стояния высоких уровней, интенсивность подъема и спада. Прекращение стока при открытом русле и зимой. Подъемы уровня при зажорах и заторах льда. Подпор от притоков или главной реки. Сгонно-нагонные и приливно-отливные явления в устьях рек. Влияние природного и искусственного регулирования и размываемости русла на уровенный режим. Обеспеченность уровней в навигационный период.

Расходы воды. Привести данные об измеренных расходах воды и обобщить расходные материалы, собранные во время похода.

Мутность воды. Причины большой или слабой мутности речного потока. Изменение мутности по длине реки.

9. Ледовый режим. Основные особенности ледового режима. Сроки наступления ледовых явлений – появления сала; начала осеннего ледохода; ледостава; весеннего ледохода; очищения реки ото льда. Забереги, донный лед, зазоры, полыньи. Наледи, закраины, течение воды поверх льда, подвижки льда, заторы. Ледяной покров – его вид, структура и толщина. Промерзание реки до дна. Эрозионная деятельность ледохода. Переправы по льду.

10. Опасные гидрологические явления. Сведения об опасных явлениях, возникающих при больших повышениях или понижениях уровня воды; их последствия. Повторяемость этих явлений. Высоты уровня, при которых наступает опасность и происходит катастрофа (наводнения, затопление местности, разрушение сооружений, прекращение судоходства, пересыхание, замерзание, зимнее вскрытие рек, ледоходы и т.п.). Мероприятия по борьбе с опасными гидрологическими явлениями.

11. Качество воды. Прозрачность, цвет, запах и вкус воды; случаи ее загрязненности (места, причины). Гидрохимия. Оценка пригодности воды для питья.

12. Использование реки. *Судоходство*. Судоходные участки. Вид судоходства (пассажирское, грузовое), его интенсивность, типы судов, главные пристани, причалы, затоны. Сроки и продолжительность навигации. Основные затруднения судоходства и мероприятия по улучшению судоходных условий. Судоходная обстановка.

Сплав. Начальный и конечный пункты сплава. Вид сплава, места сплотки и выгрузки леса. Сроки, продолжительность лесосплава. Затруднения при сплаве и мероприятия по их устранению. Возможности сплава в судах.

Гидроэнергетика. Местоположение гидросиловой установки, основные размеры плотины, тип и мощность двигателя, производительность (среднесуточная, сезонная, годовая). Гидрологические помехи в работе гидроэлектрических станций, мельниц.

Водоснабжение. Вид водоснабжения, места забора воды и тип сооружения. Среднесуточное потребление воды. Сброс сточных вод. Очистные сооружения.

Орошение. Места водозаборных сооружений, их тип. Расход воды, потребляемой на орошение (среднесуточный по поливным периодам). Орошаемая площадь в гектарах, виды сельскохозяйственных культур.

Осушение.

Отдых, туризм.

Рыбный промысел. Места и периоды лова, основные виды рыб. Годовой улов (т).

Охрана вод. Реки – памятники природы. Экологические проблемы и возможные пути их решения.

13. Гидрометеорологические станции и посты. Основные сведения о действующих и ранее существовавших гидрологических станциях и постах.

14. Сведения об изученности реки. Исследования и изыскания (когда, какой организацией производились, их характер и состав, местонахождение материалов).

15. Литературные, архивные, фондовые источники. Перечень основных литературных и архивных материалов о реке.

К описанию реки необходимо приложить следующие чертежи: а) схематический план (или карту) реки; б) поперечные профили долины и русла. На поперечных профилях долины наносятся условный уровень воды (ГВВ) и наивысший уровень высоких вод (НГВВ) и в) схема мест экологического неблагополучия (места и источники засорения, загрязнения, истощения вод).

Кроме того, необходимо иметь в виду, что для сравнительно крупных рек или рек, не однородных в отдельных частях, нужно дать описание не в целом всей реки, а отдельных ее характерных в гидрологическом отношении участков.

Границами участков могут быть места, где наблюдаются: а) изменение типа долины или поймы; б) значительное общее расширение реки; в) резкое увеличение или уменьшение глубин; г) появление островов, рукавов, порогов и других русловых образований; д) изменение водности от впадения притоков.

Характерные условия, изменяющие основной облик реки, при выделении участков должны, по возможности, сохраняться на значительном расстоянии (до нескольких десятков километров). При делении рек на участки описанию реки предпосылается раздел «Общие сведения о реке» (см. выше). В остальных случаях описание по приведенной программе составляется для реки в целом.

Описание озера

1. Общие сведения об озере. Название озера. Принадлежность к водосбору реки. Местоположение озера. Координаты центра и ближайшие крупные населенные пункты. Административное положение. Дата проведения данных обследований. Площадь водосбора. Высота озера над уровнем моря. Общая площадь зеркала озера. Длина и ширина. Средняя и наибольшая глубина. Объем воды (m^3). Тип озера по признакам водообмена и минерализации.

Общее описание озера и его бассейна; рельеф, растительность, грунт. Хозяйственное значение озера. Озеро как естественный водный рубеж. Пути подхода. Перечень главнейших рек, впадающих и вытекающих из озера; указание их длин и площадей водосборов.

2. Озерная котловина. Происхождение озерной котловины. Тип озера. Склоны – их высота и крутизна, расчлененность, грунт, растительность. Прибрежная полоса озера; характер ее поверхности; заболоченность, грунт, растительность. Ширина разлива, сроки и глубина затопления во время обычного и

исключительно высокого стояния уровней воды. Сведения о проходимости прибрежной полосы для пешеходов и различных видов транспорта по сезонам.

3. Озерная чаша. Характер берегов, высота над условным уровнем воды, крутизна, грунт, растительность, заболоченность. Изрезанность береговой линии. Сведения об имеющихся на озере бухтах, заливах – местоположение, наибольшая ширина, характер берегов. Острова – их местоположение, площадь, длина, наибольшая ширина, характер поверхности и берегов.

Рельеф дна озера. Прибрежная подводная зона (литораль) – ширина и уклон. Распределение глубин. Главнейшие неровности дна озера – воронки, борозды, ямы, мели, рифы, камни; их местоположение, размеры. Водная растительность. Грунты дна озера, их распределение по глубинам и районам.

4. Водный режим озера:

а) *уровенный режим*. Годовой ход уровня. Высота и сроки наступления наивысшего и наинизшего уровней. Повторяемость паводковых и низких уровней. Особенности изменения уровней в период весеннего половодья и паводков (интенсивность подъема и повторяемость этого явления). Летняя межень. Уровенный режим зимнего периода. Сгонно-нагонные явления. Пересыхание, периодическое исчезновение, промерзание озера. Повторяемость этих явлений и продолжительность в днях. Многолетние колебания уровня;

б) *приток и сток воды из озера*. Средние месячные и наименьшие расходы по месяцам. Средние и годовые расходы, абсолютные максимумы и минимумы.

5. Волнение и течения. Сведения о размерах и периоде наиболее интенсивного волнения, последствиях. Наличие постоянных или временных течений, их направление и скорость.

6. Ледовый режим. Сроки наступления ледовых явлений, развитие процесса замерзания, ход процесса вскрытия озер и разрушения ледяного покрова, заторы и зажоры в устьях рек; характер нарастания толщины льда, наибольшая толщина льда и время ее наступления, характер поверхности ледяного покрова и его строение (слоистость, наличие водяных слоев и время их появления), распределение толщины льда по площади озера, наличие в ледяном покрове трещин, наледей, полыньей и майн (районы их развития, размеры, время появления, продолжительность). Появление и глубина воды на льду от таяния снега (время появления, местоположение, глубина слоя воды). Ветровые перемещения льда после вскрытия озера, районы скопления льда (у берега, в бухтах, заливах), воздействие на берега (выпахивание и вынос льдом грунта в озеро, разрушение построек). Начало и конец переправ по льду – пеших, конных и автотранспорта.

7. Качество воды. Краткие сведения о прозрачности, цвете, вкусе, загрязненности и пригодности воды для питьевых целей. Сезонное изменение качества воды. Донные отложения. Загрязнение. Заращение озера.

8. Использование озера. *Судоходство*. Существующие рейсы, виды судоходства, осадка судов. Мероприятия по улучшению судоходных условий. Главнейшие пристани и места причалов, затоны, зимовки. Сроки начала и конца навигации, ее продолжительность.

Сплав. Направление и характер сплава, лесосплавные сооружения, места сплотки и выгрузки, сроки начала и конца сплава, продолжительность сплавного периода.

Энергетическое использование. Местоположение и краткая характеристика имеющихся гидроэлектростанций.

Водоснабжение и канализация. Местоположение водозаборов и мест сброса сточных вод. Культуры, орошаемые водой из озера.

Рыбные богатства. Породы промысловых рыб, уловы.

Использование озера как водохранилища. Суммарный объем (м³). Источники наполнения водохранилища. Плотины.

Добыча соли (средняя, т за год). Добыча сапропеля на топливо и удобрение.

Экологические проблемы. Охрана озера. Озера – памятники природы.

9. Гидрометеорологические станции и посты. Местоположение, тип, год открытия и закрытия, отметка нуля графика.

10. Сведения об изученности. Предшествующие изыскания и исследования (где, когда, какой организацией и какие были произведены исследования и где находятся материалы исследований).

11. Литературные и архивные источники. Сведения об основных литературных и архивных источниках.

Из графических приложений к описанию озера необходимо приложить: а) схематический план озера и б) график изменения площади и объема озера в зависимости от уровня воды.

Описание болота

1. Общие сведения о болоте. Название болота (по карте и местное). Принадлежность к водосбору реки. Координаты центра и ближайшие населенные пункты. Административное положение. Размеры болота – площадь, длина, преобладающая ширина. Дата проведения обследования.

2. Положение болота на местности (в котловине, у подножья склона долины, на склоне, плоской равнине). Суходольные берега, их высота и характер (грунт, растительность), переход от суходола к болоту. Наличие выхода грунтовых вод по склонам берегов.

3. Растительный покров болота. Растительность в различных частях болота – наличие деревьев и кустарников, их высота, густота, степень угнетенности, процент сухостоя и его характер; видовой состав и густота полукустарников, степень покрытия поверхности. Травяная и моховая растительность – ее состав, степень покрытия поверхности. Наличие участков без растительного покрова. Ценные съедобные и лекарственные растения.

4. Поверхность болота. Общий характер поверхности болота и его отдельных частей. Суходольные острова – их местоположение, размеры, облепленность. Микрорельеф болота – наличие, размеры и густота кочек, торфяно-моховых бугров, мочажин, «окон». Участки зыбунов, топей. Наличие и густота пней, бурелома.

5. Тип болота. Низинное, верховое, моховое, травяное, лесное. Границы и размеры участков разного типа.

6. Торфяная залежь. Глубина торфа на отдельных участках и для всего болота в целом – средняя и наибольшая. Вид торфа, его ботанический состав в отдельных слоях, степень разложения. Влажность, подстилающий залежь грунт. Ценность торфа.

7. Естественные водоемы и водотоки на болоте. Озера среди болота, реки и ручьи, протекающие по болоту и начинающиеся из него, их ширина. Глубина, скорость течения, извилистость русла, степень зарастания. Грунт дна и берегов. Растительность на берегах ручьев и озер. Участки рек и ручьев, подвергнувшиеся выправительным работам. Проходимость вдоль берегов озер, рек и ручьев по сравнению с остальной частью болота.

8. Водный и зимний режимы болота. Режим уровня воды, глубина залегания грунтовых вод относительно поверхности болота в разные сезоны. Общая характеристика степени увлажненности болота и ее изменения по сезонам. Степень увлажнения и момент обследования по сравнению с обычной для данного сезона. Средние и экстремальные сроки замерзания и оттаивания. Наибольшая глубина промерзания и сроки ее наступления для разных участков болота в малоснежные и многоснежные зимы. Незамерзающие участки. ООПЯ.

9. Мелиоративные мероприятия. Наличие канав, густота осушительной сети (расстояние между канавами), их размеры (ширина по верху, дну, глубина, скорость течения), состояние (заплывшие, заросшие, в хорошем состоянии). Характеристика бровок, наличие валов вдоль канав, растительность на них. Проходимость вдоль канав. Цели проведения осушительных мероприятий. Общая эффективность осушки. Осушается ли все болото или только на участках, примыкающих к канавам (размеры и характеристика осушенных участков).

10. Дороги по болоту. Гати. Тропы, зимники. Наличие, тип, направление, состояние, проходимость по сезонам. Временно или постоянно эксплуатируются, сроки действия.

11. Проходимость болота – вне дорог, по отдельным участкам при сильном, среднем и слабом увлажнении для пешеходов, различных видов транспорта при естественном состоянии болота. Имевшие место факты прохождения через болото тех или других видов транспорта – дата, направление, обстоятельства.

12. Хозяйственное использование болота – под выпас скота, покос, пашни; торфодобыча. ООГЯ (торфяные пожары и др.).

13. Экологические проблемы. Охрана болот. Болота – памятники природы.

14. Гидрометеорологические станции на болоте. Местоположение. Тип, год открытия.

15. Сведения об изученности. Предшествующие исследования и изыскания.

16. Литературные и архивные источники.

Консультации по составлению и реализации программ исследования водных объектов руководителям экологических кружков, отрядов, лагерей и т.д. можно получить на кафедре гидрологии и охраны водных ресурсов Пермского государственного национального исследовательского университета по адресу: г. Пермь, ул. Генкеля, 8, аудитория 436.

6. ОРГАНИЗАЦИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

6.1. Определение гидрографических характеристик реки и её водосбора

Рекой называется водоток сравнительно больших размеров, питающийся стоком атмосферных осадков со своего водосбора, текущий в разработанном им русле. У реки выделяют исток и устье [11].

Согласно ГОСТу 19179-73 (1973) под *истоком* понимают начало реки, соответствующее месту, с которого появляется постоянное течение воды в русле. Истоком реки часто являются родник, болото, озеро или ледник. Для определения истока реки руководствуются определенными правилами, изложенными в Методическом руководстве Госкомгидромета № 56 (1960). На карте за исток реки, изображенный сплошной линией (постоянный водоток), следует принимать начало этой линии. Для пересыхающих рек – начало пунктирной линии. Зачастую исток (или начало) реки принимается условно в зависимости от условий его формирования и изображения на карте.

1. *Река образована слиянием двух рек.* При этом возможны следующие варианты:

- исток – точка слияния двух рек, каждая из которых имеет собственное название;
- исток более длинной составляющей в случае, когда обе они не имеют названия, а длина или водность одной из них явно преобладает над другой;
- исток реки с большей площадью водосбора при условии, что длины их равны;
- исток реки левой составляющей, когда и площадь водосбора, и их протяженность близки между собой;
- для средних, а также малых рек предпочтительнее за исток принимать начало большей по длине и водности составляющей даже при условии, что каждая из них имеет собственное название. В подобных случаях необходимо помещать примечание с указанием, что за исток основной реки принят исток одной из ее составляющих.

2. *Река вытекает из озера.* Если она изображена одной линией, то за ее исток принимается точка контура озера в месте выхода из него реки. При изображении реки двумя линиями за ее начало следует принимать точку, равноудаленную от уезов реки на продолжении линии контура (точка пересечения средней линии реки с линией озера). Если река изображена пунктирной линией, то точка на контуре озера также принимается за ее начало.

3. *Река вытекает из болота.* При отсутствии данных, уточняющих местоположение истока, за начало реки принимают начало сплошной и пунктир-

ной линии, изображенной на карте. Зачастую верховья рек, вытекающих из болот, канализированы. В подобных случаях за исток реки принимают начало основного осушительного канала, представляющего продолжение реки вверх по течению.

Устье реки – это место ее впадения в другую реку или водоем (озеро, пруд, водохранилище, море). Это может быть также пункт, в котором река прекращает свое течение вследствие полного растекания по земной поверхности либо при разборе воды на водохозяйственные нужды, либо поглощении ее карстовыми полостями. Определение местоположения устья реки часто затруднено тем, что на участке впадения реки в водоприемник, а также при соединении между собой двух рек нередко образуются сложные формы: эстуарии, дельты, протоки, проливы и т.п. В действительности притоки зачастую впадают в основную реку не непосредственно, а в один из ее рукавов или протоков; главная река впадает в море двумя или несколькими рукавами; реки нередко образуют при впадении в озеро, в море видимые расширения, которые соединяются с рекой, с водоприемником многочисленными протоками и т.п.

На практике (как на местности, так и на карте) выбор пункта, который одинаково, т.е. по всем параметрам мог быть принят за устье реки, один из наиболее затруднительных. Большое разнообразие случаев, с которыми приходится сталкиваться при определении устьев рек, вынуждает установить лишь общие правила, действительные только для наиболее типичных форм или типов впадения реки в озеро, море или другую реку.

Нередко устья особенно крупных судоходных рек принимаются условно, по исторически сложившимся традициям. Примером могут быть устья таких рек, как Енисей, Лена, Обь, Волга, Двина, Днепр и подобные им. Здесь за устье часто принимают условный пункт, связанный с историческими традициями освоения реки, с судоходством, в частности, с принятой на речном транспорте разбивкой километража, а также пункты, указанные в лощих и других справочных источниках.

Осуществление крупных водохозяйственных мероприятий на реках во второй половине XX в. вызвало много затруднений при установлении устьев рек, оказавшихся в зоне подпора. Создание крупных водохранилищ значительно, а иногда и коренным образом изменило гидрографию целых территорий. Реки, представлявшие ранее притоки других рек, теперь впадают в искусственный водоем, многие из них значительно сократили свою длину или превратились в цепь последовательно следующих одно за другим озер-водохранилищ. В соответствии с действующими правилами за устье реки, изображенной на карте двумя линиями и впадающей в другую реку (озеро или море), принимается точка на пересечении

средней линии впадающей реки с плавным продолжением уреза главной реки или другого водоприемника (озера, моря).

Если приток впадает в главную реку несколькими рукавами, то устье определяется как место впадения основного, а, следовательно, самого многоводного, часто (но не всегда) наиболее короткого рукава. Если река впадает двумя разными рукавами в разные реки, то за основной (по нему и определяют устье) принимают более многоводный рукав или имеющий больший уклон.

Если приток впадает не непосредственно в главную реку, а в один из ее постоянно действующих рукавов (протоков), то за его устье принимают место впадения притока в этот рукав (проток) главной реки. За устье реки, имеющей дельту, принимается точка пересечения средней линии главного рукава дельты с линией уреза водоприемника. Если река перед впадением в море образует озеровидное расширение (разлив), соединяющееся с морем коротким протоком, за ее устье принимают устье протока на выходе его в море.

Местоположение устьев рек, впадающих в водохранилище, определяют так же, как в случае впадения в озеро. При этом положение уреза воды в водохранилище принимают при отметке нормального подпорного уровня (НПУ).

Водосборной площадью (или бассейном) водотока называется часть местности, с которой вода стекает в данный водоток или водоем (рис. 10).

В зависимости от характера рельефа территории, в пределах которой расположен водосбор изучаемой реки, возможны те или иные затруднения при установлении его границ.

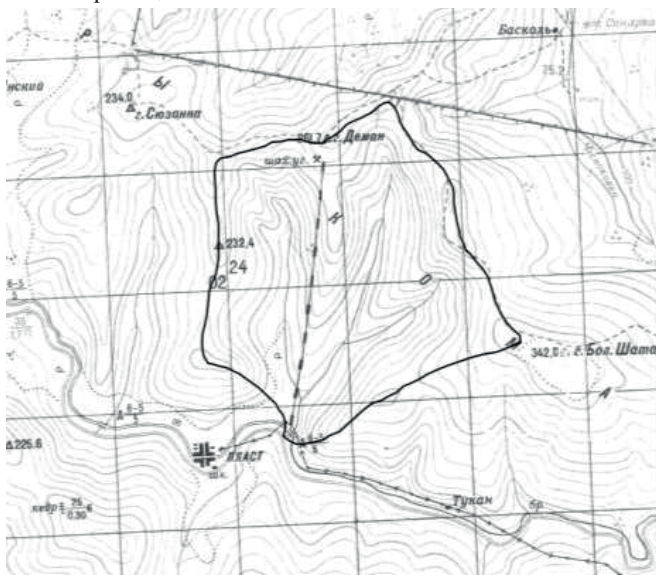


Рис. 10. Границы водосбора реки [11]

Линия водораздела главной реки и ее притоков на топокарте, где рельеф четко отражен горизонталями, проводится по наивысшим отметкам горных хребтов, перевалов, возвышенностей, отдельных вершин и т.д. Границы по склону проводятся по возможности перпендикулярно направлению горизонталей. В целом при расположении бассейна в горной местности или местности с хорошо выраженным рельефом (холмистый, изрезанный оврагами) проведение его границ выполняется достаточно уверенно, без сколько-нибудь существенных сложностей [11].

Намного труднее определить границу водораздела реки, протекающей по равнинной местности, если она заболочена или представляет ровную степь, полупустыню или пустыню. В подобных ситуациях одной топокарты уже недостаточно. Для определения местоположения границы водосбора уже требуется привлечение дополнительных картографических и аэрофотосъемочных материалов, а также литературных и справочных источников.

На равнинной местности, где рельеф выражен слабо, при наведении границ большого по площади водосбора, занимающего несколько листов крупномасштабной карты, следует провести подготовительную работу. Для этого рекомендуется наложить на лист карты восковку (кальку) и скопировать карандашами разного цвета горизонтали и отдельные отметки, которые наиболее отражают общее направление склонов. Подобная работа выполняется и по другим листам карты с последующим совмещением калек по их кромкам. В результате этого появляется возможность значительно увереннее и с меньшими ошибками наметить общее положение границ водосбора. Безусловно, при переносе их непосредственно на рабочую карту потребуются соответствующее уточнение.

Границы малых по площади бассейнов (в среднем до 100 км^2), расположенных в условиях плоского, слабо выраженного рельефа, проводятся только по крупномасштабным картам (М 1:25000, 1:10000), планам и аэрофотоснимкам, поскольку использование более мелких масштабов приводит к большим погрешностям в определении границ бассейна [11].

При отборе картографического материала для определения площадей водосборов в соответствии с рекомендациями ГГИ необходимо руководствоваться следующим:

- 1) на равнинных территориях, где сложно точно провести границы водораздела, определение площадей малых водосборов следует выполнять по крупномасштабным картам (не менее М 1:25000), планам и аэрофотоснимкам;

- 2) в равнинных районах с развитой речной и овражной сетью, при размерах бассейнов от 300 до 500 км^2 и более, определение их площадей рекомендуется проводить по картам среднего масштаба (1:200000 и 1:300000);

3) в горной местности с четко выраженными границами водоразделов при размерах водосборов от 100 до 300 км² их площади определяются также по картам среднего масштаба;

4) при размерах речных бассейнов 10000 км² и более водосборные площади можно определять по мелкомасштабным картам (М 1:500000, 1:1000000).

Гидрографические характеристики рек и их водосборов – это набор количественных показателей, отражающий их физико-географические особенности.

Главными параметрами речной системы являются длина составляющих ее рек, их извилистость и густота речной сети. Водосбор характеризуется площадью и коэффициентами лесистости, заболоченности, озерности, закарстованности, а также показателями, определяющими форму бассейна (длина, ширина, коэффициент асимметрии и др.). Для наглядного изображения строения речной сети обычно используют гидрографическую схему водосбора реки, на которой в виде прямых линий показываются главная река и ее притоки, расположенные под углом 30-45° к главной реке.

Длина реки (L) и длины притоков (l_1, l_2, \dots) – это расстояние от истока до устья. Длина реки определяется по карте при помощи курвиметра – прибора для измерения криволинейных расстояний. Курвиметр имеет метрическую шкалу. Цена деления соответствует 1 см. Длины измеряются дважды (от устья к истоку и обратно). Расхождение между измерениями не должно превышать 2 %. За окончательное значение принимается среднее из двух измерений.

Результаты измерений заносят в ведомость (табл. 11). Список рек бассейна составляется по табл. 12. В списке указываются название реки, в которую впадает рассматриваемый водоток, с какого он берега впадает, расстояние от устья по главной реке до места впадения притока, длина рассматриваемого водотока [11].

Таблица 11

Ведомость измерения длины реки _____

Показания курвиметра			Вычисленная длина L , км
1-е измерение	2-е измерение	Среднее	

Список рек – притоков реки _____

№ п/п	Название притока	Куда впадает, с какого берега	Расстояние от устья главной реки до места впадения притока, км	Длина притока, км
1	р. Малая	р. Мулянка, п.б.	25	1,5
2	без названия	р. Малая, п.б.	2	0,5
3	без названия	р. Мулянка, л.б.	30	0,4
...

Извилистость главной реки определяется как отношение длины реки L к прямой, соединяющей исток и устье l . Если на всем своем протяжении река имеет резкое изменение направления движения, то ее разбивают на участки. Общая длина реки будет равна сумме длин выделенных участков (рис. 11).

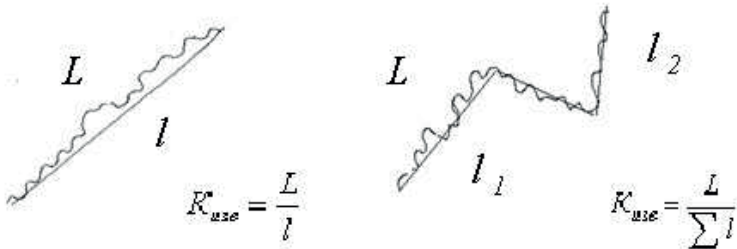


Рис. 11. Определение извилистости реки

За меру **густоты речной сети** принимают отношение протяженности всех рек, находящихся на данной площади, выраженной в километрах, к площади бассейна:

$$\varphi = \frac{L + \sum l}{A},$$

где $L + \sum l$ – общая длина речной сети бассейна, км, A – площадь бассейна, км². Коэффициент густоты речной сети является показателем увлажненности территории и характеризует условия стекания поверхностных вод.

Гидрографическая схема водосбора реки составляется по данным табл. 1, 2 на миллиметровой бумаге, на которой в виде прямых линий показываются главная река и ее притоки, расположенные под углом 30–45° к главной реке. Притоки откладываются от линии главной реки в местах их впадения, определяемых по расстоянию от устья. На схеме выписываются названия рек и их длина в км (рис. 12).

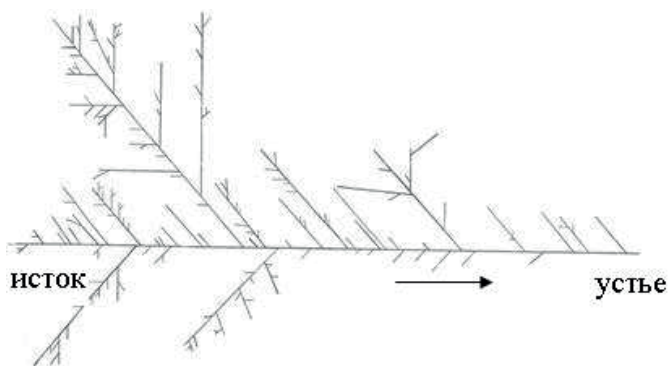


Рис. 12. Гидрографическая схема водосбора реки

Для определения площади водосбора (m^2 , $км^2$) применяют палетку и планиметр.

Палетка – это графическое построение в виде квадратов (сеточная), точек (точечная) или равноотстоящих параллельных линий (параллельная) со сторонами 2–5 мм, выполненное на прозрачной основе [11].

При использовании сеточной палетки ее накладывают на контур участка и подсчитывают количество целых (n) и половинных (n') квадратов в контуре (рис. 13):

$$n_{общ.} = n + 0,5n'$$

Площадь участка в земельной мере (m^2 , $км^2$) вычисляется по формуле

$$A = n_{общ.}C,$$

где C – цена деления палетки, показывающая количество m^2 ($км^2$) в одном квадрате палетки с учетом масштаба карты.

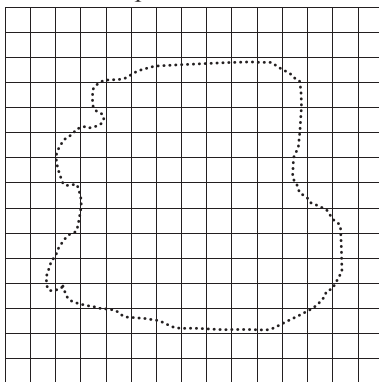


Рис. 13. Пример сеточной палетки[11]

Пример. Определим цену деления палетки со стороной квадрата 2 мм для карты масштаба 1:10000. Для этой карты сторона квадрата равна 20 м, тогда $C = 400 \text{ м}^2$.

Измерения повторяют, при этом расхождение между ними не должно быть более $1/50 \div 1/100$ измеренной площади. За окончательное значение принимают среднее арифметическое из двух определений.

Полярный планиметр – прибор для определения площадей криволинейных фигур путем обвода их по контуру. Использование планиметра рекомендуется для участков более 20 см^2 , точность результатов составляет $1/200 \div 1/400$.

6.2. Определение характеристик русла и наблюдения за водным режимом малых рек и временных водотоков

Для определения *глубин реки и особенностей рельефа ее дна* проводятся промеры русла реки. По результатам промерных работ можно получить планы русла реки в линиях равных глубин – *изобатах*, а также определить площади водных сечений рек.

Наиболее простой способ, показывающий удовлетворительную точность измерения *ширины* реки, следующий: к концу шнура привязывают небольшой груз и с высокого берега перебрасывают этот конец шнура через реку, затем шнур быстро подбирают, чтобы он не упал в воду. Подтянув груз к урезу (линия соприкосновения воды в реке с берегом) воды противоположного берега, замечают длину шнура от уреза до уреза (это расстояние и будет шириной).

Точный способ: заранее размеченный шнур (не растягивающийся) через определенное расстояние (в зависимости от ширины реки), например, через 1 м перетягивают через реку и закрепляют перпендикулярно течению при помощи колец, которые вбивают в землю с некоторым наклоном от реки для устойчивости. Расстояние между урезами правого и левого берегов по туго натянутому шнуру и будет точной величиной ширины реки в месте измерения.

Измерение глубин. При небольших глубинах для промеров используют рейки или наметки (3–5 м) с нанесенными дециметровыми делениями. При значительных глубинах (более 4–5 м) применяют лот – размеченный шнур (лот-линь) с укрепленным на одном конце его грузом. Измеряя глубину, нужно следить, чтобы рейка, наметка, лот находились в вертикальном положении.

Промеры выполняют как в продольном, так и в поперечном направлениях реки с таким расчетом, чтобы захватить как глубокие участки реки – плесы, так и мелкие – перекаты.

Если невозможно выполнить промеры в брод и отсутствуют плавсредства, то можно воспользоваться следующим способом. Промеры глубин с бере-

га удочкой: к удилищу или концу наметки привязывают шнур, размеченный яркими метками через 10 см, на конце шнура подвешивают небольшой груз. Над местом измерения глубины опускают груз и в момент его касания о дно определяют глубину.

Наблюдения за уровнем воды

Характерные особенности изменения состояния реки во времени называются ее **гидрологическим режимом**. Высота поверхности воды в сантиметрах, которую отсчитывают от некоторой принятой постоянной отметки, называется **уровнем воды**. В годовом цикле жизни реки обычно выделяют такие основные периоды (их называют *фазами гидрологического режима*):

- 1) половодье;
- 2) паводок;
- 3) межень.

Половодье — это время самой большой водности реки. В Европейской части нашей страны половодье обычно приходится на время весеннего снеготаяния, когда потоки талой воды со всего водосбора устремляются к руслу главной реки и ее притокам. Количество воды в реке увеличивается очень быстро, может выйти из берегов и затопить пойменные участки. Половодье регулярно повторяется каждый год, но может иметь различную интенсивность.

Паводки представляют собой быстрые и сравнительно кратковременные подъемы уровня воды в реке. Они происходят, как правило, в результате выпадения дождей, ливней летом и осенью или во время оттепелей зимой. Паводки обычно случаются каждый год, но, в отличие от половодья, они нерегулярны.

Межень — самая маловодная фаза водного режима. Обычно различают два периода межени — летнюю и зимнюю. В это время атмосферные осадки не могут обеспечить достаточного питания реки, количество воды в ней значительно уменьшается, питание рек осуществляется в основном за счет подземных источников питания — родников и ключей. Хозяйственная деятельность человека на водосборе реки и ее берегах также оказывает влияние на гидрологический режим. Осушение болот, отбор воды для бытовых и промышленных нужд, сбросы сточных вод и т.п. приводят к изменению водности реки. Непродуманные действия человека могут нарушать естественный ход смены фаз водного режима. Известны случаи, когда на малых реках, протекающих в пределах населенных пунктов, неожиданно возникают паводки, вызванные большими сбросами сточных вод промышленных предприятий. Такие изменения вызывают самоочищение реки, влияя на качество воды в ней. Поэтому данные о регулярных измерениях уровня с точным указанием местоположения створа, времени проведения наблюдения и особенностей погоды представляют собой ценную информацию. Государственные посты наблюдений за уровнем воды пред-

ставляют собой специальные приспособления для измерения уровней: *рейки* или *сваи*. Выбор типа поста зависит от типа берега: рейки для крутых берегов, сваи – для пологих. Эти рейки и сваи надежно закреплены, выдерживают сильное волнение и ледоход. Каждый пост имеет свою точную топографическую отметку (высоту над уровнем моря), которая позволяет сравнивать показания разных постов между собой и оценивать общую ситуацию на территории водосбора, бассейна и т.п. Если в вашем районе, на вашей реке или озере такой государственный водомерный пост отсутствует, можно организовать свой временный водомерный пост. Конечно, его данные нельзя сравнить с данными наблюдений системы государственной гидрометеослужбы, поскольку необходимо выполнить сложные геодезические измерения. Тем не менее Вы сможете проследить сезонную динамику изменения уровня воды в реке. Пост можно использовать и как место взятия проб при гидрохимических наблюдениях. Самым удобным способом обустройства водомерного поста является использование постоянной рейки, закрепленной на опоре моста через реку (рис. 14, б). На рейку наносится разметка на деления, желательно яркой масляной краской, чтобы не смывалась водой и была хорошо заметна издалека. Рейка устанавливается на стороне моста, обращенной вниз по течению, чтобы во время ледохода ее не сломали и не сорвали движущиеся льдины.

Измерения уровня воды проводятся с точностью до одного сантиметра. За начальную отметку измерений принимают отметку ниже самого низкого уровня, которую лучше всего отметить в конце лета, в период глубокой межени. Эту начальную высоту называют *нулем графика* и все остальные уровни измеряются в превышении над ним.

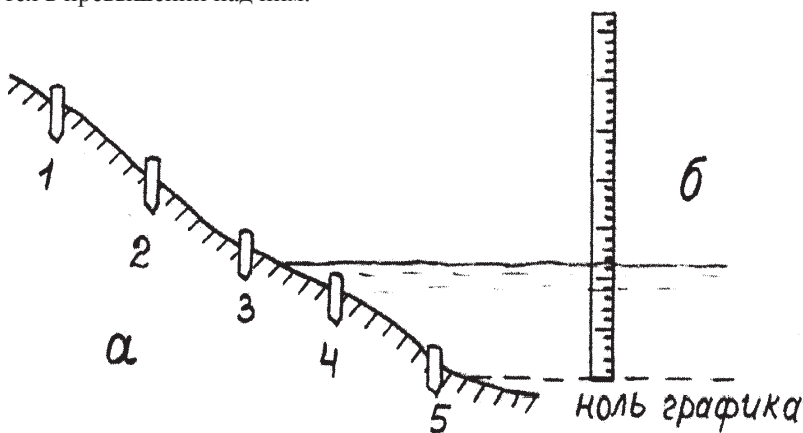


Рис. 14. Устройство водомерных постов: а – свайного; б – речного

По-другому выглядит свайный водомерный пост (рис. 14, а). Сначала одна свая устанавливается на уровне нуля графика (5-я на рис. 14, а). Затем выше нее, через определенную высоту (0,5 м, 1 м), с помощью нивелира устанавливаются другие сваи. Сваи нумеруются по порядку сверху вниз, и для каждой отмечается ее высота относительно нуля графика. Для определения уровня водомерную рейку (можно использовать простую линейку) ставят на ближайшую к берегу погруженную в воду сваю и замечают отметку уровня воды. К относительной высоте сваи прибавляют измеренную высоту воды над сваей и получают отметку уровня воды. Например, свая № 4 находится на высоте 100 см над нулем графика и скрыта под водой на 12 см. Следовательно, уровень воды находится на отметке $H = 100 + 12 = 112$ см.

Наблюдения за уровнем воды на гидрологических постах обычно ведутся дважды в день – в 8 и в 20 ч, а в период половодья или паводков чаще – через 2-6 ч. Если Вы снимаете показания в течение нескольких дней, делайте это в одно и то же время. Полученные данные записываются в журнал в форме табл. 12.

Таблица 12

Результаты наблюдений за уровнем воды в реке

Название реки.....

Местонахождение поста.....

Дата			
Время (ч, мин)			
Уровень воды над нулем графика H, см			
Изменение уровня $\pm h$, см*			
Ф.И.О. наблюдателя			

* изменение уровня по сравнению с предыдущим наблюдением.

Определение площади поперечного (живого) сечения реки

Осуществляется на основе измерений глубин и ширины реки в поперечном створе. Площадь **водного сечения** – это сечение потока реки воображаемой плоскостью в месте промерного створа.

Для измерений необходимо натянуть поперек реки размеченный шнур (трос) и через равные по ширине расстояния промерить глубины (количество точек зависит от ширины реки). Результаты записываются в журнал по форме табл. 13 (графы 1,2,3).

Площадь этого сечения можно найти как сумму площадей простых геометрических фигур, образованных промерными вертикалями (рис. 15). Этими фигурами могут быть повернутые под 90° прямоугольные трапеции, прямо-

угольник или прямоугольные треугольники, площадь которых определяется по известным правилам – площадь прямоугольной трапеции равняется произведению полусуммы оснований на высоту, площадь прямоугольного треугольника равняется половине произведения катетов, а площадь прямоугольника – произведению двух его сторон. В конкретном случае основаниями, катетами и сторонами фигур будут измеренные глубины и расстояния между промерными точками. По данным промеров графы 1–3 на миллиметровой бумаге вычерчивается профиль поперечного сечения реки (рис. 15).

Площади поперечного сечения между промерными точками (f) вычисляются как площади трапеций (f_1, f_2, f_3, f_4, f_5) или треугольников по краям сечения (f_1, f_6) по формуле

$$F = \frac{b_1 h_1}{2} + \frac{b_2 (h_1 + h_2)}{2} + \frac{b_3 (h_2 + h_3)}{2} + \dots + \frac{b_n h_{n-1}}{2},$$

где F – площадь поперечного сечения реки; $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ – расстояние между промерными точками; $h_1, h_2, h_3, \dots, h_{n-1}$ – глубина реки в промерной точке.

Таблица 13

Пример записи в журнале определения площади поперечного сечения реки

№ точек	Расстояние от уреза, м	Глубина, М	Полусумма соседних глубин, м	Расстояние между промерными точками, м	Площадь между соседними глубинами, м ²
1	2	3	4	5	6
1 (урез левого берега)	0,0	0,00	0,22	2,0	0,44
2	2,0	0,45	0,80	2,0	1,60
3	4,0	1,15	1,22	2,0	2,44
4	6,0	1,30	1,12	2,0	2,24
5	8,0	0,95	0,62	2,0	1,24
6	10,0	0,30	0,15	1,5	0,22
7 (урез правого берега)	11,5	0,00			
	Площадь поперечного сечения				8,18

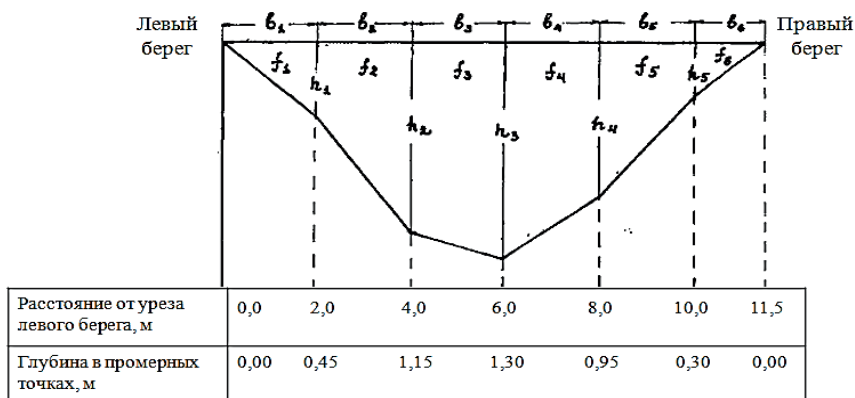


Рис. 15. Расположение на створе промерных вертикалей измерения глубин

Измерение скорости течения реки

Наиболее простым способом является измерение скорости реки при помощи поплавков. Этим способом измеряют наибольшую поверхностную скорость течения (используется в тихую погоду).

На реке выбирают прямолинейный участок, имеющий примерно одинаковую глубину и ширину на протяжении не менее трехкратной ее ширины.

На выбранном участке перпендикулярно течению реки разбиваются три створа, которые закрепляются на берегах вешками, – верхний, средний и нижний (рис. 16).

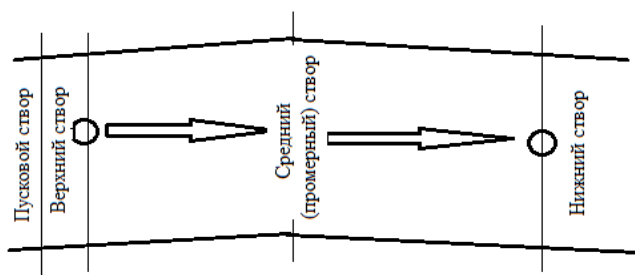


Рис. 16. Схема расположения створов и производства засечек при измерении скоростей поверхностными поплавками

Расстояние между створами одинаковое. Пусковой створ находится выше верхнего в 5–10 м и служит для запуска поплавков. Поплавки представляют собой деревянные кружки диаметром 10–15 см и толщиной 3–5 см. Поплавки в количестве 10–15 штук пускают с лодки или забрасывают с берега на стрежень в пусковом створе. Каждый последующий поплавок запускается после прохож-

дения предыдущего всех трех створов. Засекается время (по секундомеру или часам с секундной стрелкой) прохождения каждого поплавка через створы. Зная расстояние между верхним и нижним створами (L) и время (t), за которое поплавок прошел это расстояние, определяют скорость (V) по формуле

$$V = \frac{L}{T}, \text{ м/сек}$$

Выбирают две наибольших скорости из серии запущенных поплавков. Среднюю арифметическую скорость этих двух поплавков принимают за расчетную наибольшую скорость поверхностного течения; причем необходимо, чтобы скорости их различались между собой не более, чем на 10%. В противном случае следует забросить еще несколько поплавков.

Для перехода от максимальной поверхностной скорости к средней необходимо умножить ее на коэффициент К. Для малых рек коэффициент К можно принять равным 0,75.

Средняя глубина сечения реки равна частному от деления площади сечения на ширину реки.

Вычисление расходов воды в реке

Расход воды – это количество воды, протекающее через живое сечение реки в единицу времени. Измеряется расход в м³/с в реках и в л/с в ручьях и источниках.

Величина расхода воды вычисляется как произведение наибольшей скорости течения реки на площадь водного сечения и переходный коэффициент

$$Q = V_{\text{наиб.}} * F * K,$$

где Q – расход воды, м³/с; V_{наиб.} – наибольшая скорость течения, м/с; F – площадь поперечного сечения реки, м²; K – переходный коэффициент.

Площадь поперечного сечения для расчета принимается по промерам на среднем створе. Скорость течения определяется по методике, описанной выше. На малых реках для измерения воды можно устраивать специальные достаточно простые сооружения в виде водосливов и лотков. Для очень малых водотоков расход воды можно измерить объемным способом – с помощью мерных сосудов.

Определение дебита родника

Дебит (расход) родника проще всего измерить объемным способом, для чего родник снизу подпруживается небольшим водонепроницаемым валиком (из глины) таким образом, чтобы сток воды через валик был только в одном месте, в котором необходимо укрепить небольшой желобок из подручного материала.

Собирая стекающую по желобку воду в какой-нибудь сосуд (например, в ведро) с известным объемом (12 л) и замечая время наполнения сосуда, легко найти искомый расход воды.

Измерения производятся не менее 3 раз. Подсчет секундного и часового дебита ведется следующим путем: в первый раз ведро наполняется за 12,5 с, во второй – за 11,5 с и в третий раз – за 12,0 с.

Общая сумма 36 с. В течение этого времени наполнилось 3 ведра, следовательно, дебит родника равен $36 \text{ л} : 36 \text{ с} = 1 \text{ л/с}$.

Объем мерного ведра или другой мерной емкости должен быть предварительно точно определен.

Измерение дебита родников при помощи мерного сосуда (ведра) можно производить в случаях, когда расход не превышает нескольких литров в одну секунду.

В случае большого расхода его измеряют поплавочным методом на прямолинейном участке ручья, образуемого исследуемым родником.

Определение характеристик водоемов

К водоемам мы будем относить озера, пруды, водохранилища. В реках и ручьях происходит быстрая смена воды (их можно называть и водотоками), в водоемах же обмен воды замедлен.

Важной характеристикой водоема является его проточность, т.е. наличие или отсутствие у него притоков и вытекающих из него рек. Если из озера или пруда вытекает река или ручей, то такой водоем называется сточным. Если сточное озеро также принимает какой-либо приток, то его называют проточным. Бессточные водоемы могут иметь притоки, но сами они стока не имеют (т.е. из них ничего не вытекает). Существуют еще глухие озера, которые не принимают притоков и не дают поверхностного стока, они обычно встречаются в лесу среди болот и невелики по размерам. Проточность во многом позволяет определить, как сменяется вода в водоеме (быстро или медленно), т.е. характер водообмена в водоеме. Скорость водообмена озера или пруда обуславливает формирование качества воды в нем и его способность к самоочищению.

Числовые характеристики, описывающие размеры и форму водоема, называются морфометрическими. К ним относятся площадь озера, его длина и ширина. Для определения площади водоема (S) необходима топографическая карта. Для этого контуры озера с карты нужно перенести на миллиметровую бумагу. В этом случае сначала определяется площадь зеркала водоема в квадратных сантиметрах, а затем пересчитывается с учетом масштаба. Также по снятой копии водоема можно определить длину, наибольшую ширину и среднюю ширину.

Длиной водоема (L) называется расстояние между двумя наиболее удаленными точками на его береговой линии, измеряемое по водной поверхности (линия АБ – на рис. 17). Наибольшая ширина (B) – это длина отрезка перпендикулярного длине в самом широком месте водоема, от берега до берега (линия ВГ – на рис. 17). Средняя ширина (b_{cp}) определяется из отношения площади водоема к его длине (S/L).

Если исследуемый водоем не нанесен на карту, то план водоема и прилегающей к нему территории необходимо составлять самостоятельно, а затем по нему определить размеры озера или пруда. Имеет смысл сделать съемку плана водоема и в том случае, если Вы пользуетесь достаточно старой картой местности (за несколько десятков лет очертания и размеры водоема могут сильно измениться).

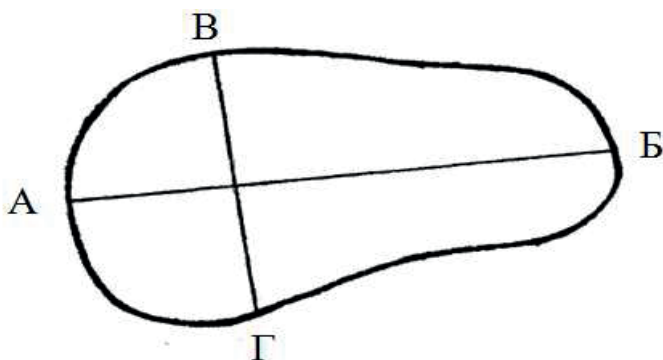


Рис. 17. Характеристики размера озера

Для составления плана малого водоема используют глазомерную съемку, для проведения которой нужны компас, рулетка, несколько вешек, линейка, планшет, закрепленный на шесте или треноге.

Самый простой способ съемки – обход вокруг водоема, вдоль береговой линии. Ломаная линия, по которой проводят съемку, называется магистральным ходом (АБВГДЕ – на рис. 18). Его прокладывают таким образом, чтобы он проходил поблизости от береговой линии, и по возможности, было меньше поворотов. В точках поворотов А, Б, С и т.д. устанавливают вешки. Вместо вешек можно использовать любые хорошо заметные предметы на берегу – деревья, кусты, крупные камни. После того как размечен магистральный ход, приступают непосредственно к съемке.

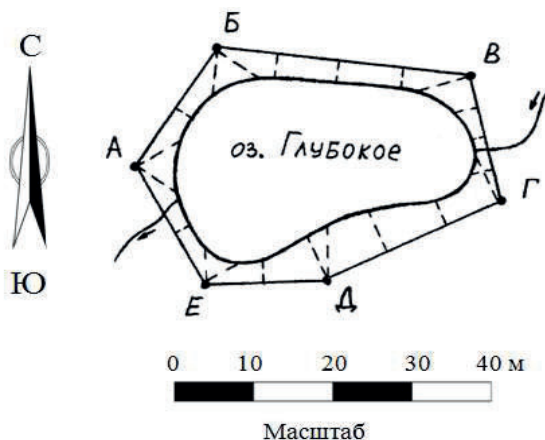


Рис. 18. Глазомерная съемка плана водоема (АБВГДЕ – магистральный ход; пунктиром обозначены линии перпендикуляров)

Порядок выполнения глазомерной съемки:

1) закрепите на планшете лист бумаги. Нарисуйте на нем стрелку «север – юг» (С-Ю). Выберите масштаб с таким расчетом, чтобы план уместился на планшете, и укажите масштаб в нижнем правом углу листа;

2) планшет устанавливается в точке А и с помощью компаса ориентируется относительно сторон света: направление стрелки С-Ю совмещается со стрелкой компаса;

3) линейка из точки стояния А наводится другим концом на точку В (взгляд наблюдателя при этом должен находиться на уровне планшета). По линейке проводится линия. Затем расстояние АВ по берегу надо измерить рулеткой, отложить его на проведенной линии с учетом масштаба и отметить точку В;

4) расстояние АВ разбивается на несколько равных отрезков, например, через 10 м и в конце каждого отрезка проводится перпендикуляр от линии АВ по направлению к водоему. На местности в соответствующих точках измеряется расстояние до линии уреза воды и в масштабе откладывается на плане;

5) затем наблюдатели с планшетом переходят в точку В, ориентируют планшет относительно направления север-юг и повторяют измерения. Соединив полученные точки (концы перпендикуляров), получим план водоема;

6) на плане необходимо указать впадающие и вытекающие из водоема ручьи и речки и стрелками – направление течения в них (рис. 18).

По полученному плану определяются показатели размера водоема, о которых говорилось выше. Важно учесть, что для проведения перпендикуляров и измерения по ним расстояния необходимо выбирать достаточно пологие участки берега, чтобы избежать больших ошибок.

Если Вы имеете дело с совсем небольшим водоемом, например, прудом, то его ширину и длину можно измерить непосредственно на местности.

Линии длины водоема и его наибольшей ширины выбирают на глаз и отмечают кольшками на берегу. Катушку со шпагатом закрепляют в одной из точек и начинают разматывать ее, перемещаясь по берегу. В противоположном конце измеряемой линии шпагат слегка натягивают и по разметке отсчитывают длину или ширину водоема. Контуры береговой линии проводятся на глаз. По полученному таким образом плану вычисляют площадь водоема.

Измерение глубин водоема

Предварительную информацию о глубине водоема можно получить путем опроса местных жителей. Если выяснится, что водоем глубокий, откажитесь от измерений и используйте полученную информацию в качестве данных о глубине озера или пруда.

На плане озера или пруда намечаются маршруты, по которым будут проводиться промеры глубин, которых должно быть, по крайней мере, два: один вдоль линии длины водоема, а другой – поперечный к этой линии. Если водоем небольшой, можно наметить несколько поперечных профилей, лучше через равные промежутки. Но могут быть и другие маршруты для измерения глубин, если они представляются вам более удобными и доступными (рис. 19).

Глубины на озерах и прудах определяют прямыми измерениями с лодки с помощью промерной рейки. Если Вы изучаете небольшой пруд, то по выбранной промерной линии натягивается размеченная на деления веревка и закрепляется на берегах. Продвигаясь вдоль веревки на лодке, через определенное расстояние измеряют глубину. Данные измерений заносят в журнал, не забывая отмечать особенности грунта и водной растительности.

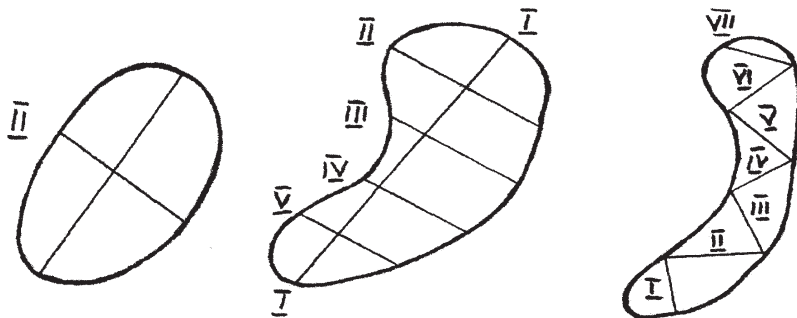
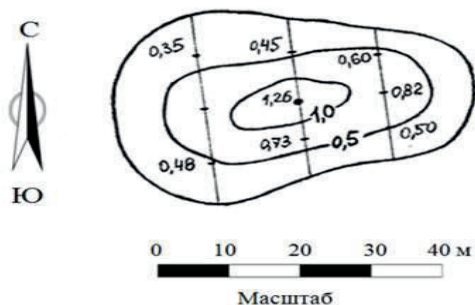


Рис. 19. Возможные маршруты промерных работ на водоеме
(I, II, ... – номера промерных маршрутов)

Если Вы работаете на таком водоеме, размеры которого не позволяют натягивать и закреплять веревки, то задача несколько усложняется, т.к. в этом случае важно правильно определить местоположение на плане точки измеренной глубины. При серьезных научных исследованиях для этого используют сложные геодезические приборы. Мы предлагаем воспользоваться другим, более простым способом, который, конечно, менее точен, чем инструментальные исследования, но вполне подходит для небольших водоемов. Делается это следующим образом. Начало и конец промерной линии обозначаются на берегах хорошо заметными предметами – створными знаками. В начальной точке 2–3 чел садятся в лодку и начинают небыстро грести от берега по направлению к створному знаку на другом берегу. Через равное, одинаковое число гребков веслами (5, 10 и т.д. в зависимости от длины промерного маршрута) делается остановка и измеряется глубина водоема в этой точке. В журнал записываются номер точки (остановки), измеренная глубина и общее количество гребков на маршруте. При таком способе выполнения промеров важно, кто будет сидеть на веслах, т.к. перед ним стоят две задачи – двигаться по намеченной линии и грести небыстро и равномерно (поэтому за это должен отвечать взрослый из группы).

После завершения измерения глубин на плане водоема нужно нанести линию промеров (лучше карандашом). По общему числу гребков весел на каждой отдельной линии и по расстоянию в гребках между промерными точками следует определить их местоположение: около каждой точки – писать полученное значение глубины водоема. На таком плане можно провести изобаты – линии равной глубины (рис. 20). Сначала нужно выбрать шаг: – через 0,5; 1,0; 2,0 м (это зависит от выбранного водоема). При этом линия берега является нулевой изобатой. Предположим, что Вы решили проводить изобаты через 1,0 м. В таком случае на всей площади водоема определяют точки с глубиной 1,0 м и соединяют их плавной линией. Затем проводят 2-метровую, 3-метровую изобаты и т.д. Каждую изобату необходимо подписать, причем так, чтобы цифры верхом были направлены в сторону увеличения глубины (рис. 20). После того как изобаты нарисованы, все дополнительные линии и числа, кроме точки наибольшей глубины, можно стереть, а изобаты и береговую линию обвести тушью или фломастером. Такой план в изобатах дает наглядное представление о распределении глубин в водоеме.



(•) точка наибольшей глубины
 (-1,0-) изобата глубины

Рис. 20. Построение плана озера в линиях равной глубины, в изобатах

Измерение глубин в водоеме по одной промерной линии позволяет построить профиль глубин. Масштаб чертежа (горизонтальный и вертикальный) подбирается таким образом, чтобы изображение получилось наглядным и не искажало действительного соотношения глубин в водоеме. По горизонтали откладываются расстояния между промерными точками, а по вертикали – измеренные значения глубины. Можно также указать тип грунтов в различных точках. Обязательно указывается направление профиля, соответствующее направлению промерной линии, например, «Профиль глубин оз. Верхнее по линии АБ».

Имея план озера в изобатах, можно выполнить **расчеты морфометрических характеристик водоема**. Для этого требуется:

1. нанести на план линии для определения длины ($L_{оз}$) и максимальной ширины водоема ($B_{макс}$) и измерить их;
2. измерить длину береговой линии (l) и длину каждой изобаты ($l_{1,2...n}$);
3. измерить площадь зеркала озера (F_0), площади озера (F), ограниченные каждой изобатой ($F_{1,2...n}$), и площади островов ($F_{остр.}$);
4. определить коэффициент развития береговой линии (K_p) и коэффициент изрезанности береговой линии ($K_{изр.}$);
5. при наличии островов определить коэффициент островности ($K_{остр.}$);
6. построить кривую площадей водоема (батиграфическую кривую) $F=f(H)$;
7. построить продольный (по L) и поперечный (по $B_{макс}$) профили озера;
8. рассчитать объём озера (W) и отдельных слоёв между изобатами ($W_0 - W_5, W_5 - W_{10}$ и т.д.) графическим и аналитическим способами;

9. рассчитать среднюю ширину водоёма ($B_{\text{ср}}$); среднюю глубину водоёма ($H_{\text{ср}}$), определить средний уклон дна (I) и истинную поверхность (площадь) дна ($F_{\text{дна}}$);

10. определить показатель формы озёрной котловины (C), показатель инерционного центра водной массы (S_0) и показатель ёмкости (K_{ϕ}).

Ход работы

На копию плана озера в зависимости от формы водоёма наносится прямая или ломаная линия (АД на рис. 21), изображающая кратчайшее расстояние по водной поверхности между двумя наиболее удаленными точками береговой линии. Длина такой линии в масштабе плана равна длине водоёма L . Перпендикулярно этой линии проводится вторая линия в таком месте плана, где расстояние между противоположными берегами наибольшее, линия СЕ на рис. 21. Длина этой линии в масштабе плана равна максимальной ширине водоёма $B_{\text{макс}}$. Для измерения этих двух линий с требуемой точностью следует пользоваться **металлической линейкой** с миллиметровыми делениями или **циркулем-измерителем** с применением поперечного масштаба.

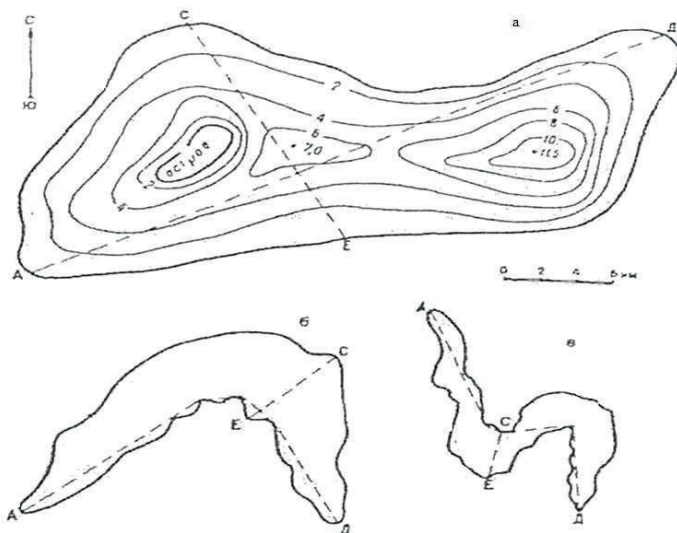


Рис. 21. Три типа формы акватории водоёмов: на плане озера изобаты проведены через 2 м.

Длину кривых линий – изобат l_n и береговой линии l_0 измеряют **циркулем** с регулировочным винтом или **курвиметром**. Шаг τ циркуля устанавливается равным 0,1 или 0,2 см, точность шага проверяется отложением на миллиметровой бумаге 100 шагов. В случае, если общая длина получившегося отрезка окажется больше или меньше 10 или 20 см, то соответственно увеличивают или уменьшают регулировочным винтом шаг циркуля и вновь проверяют его точность. Необходимо добиться, чтобы 100 шагов циркуля равнялись соответственно 10 или 20 см.

Измерение длин всех линий на плане производят дважды: при расхождении полученных значений в 2% и менее за истинную принимают среднее арифметическое из 2 измерений с учетом масштаба плана (M – знаменатель числового масштаба), при большем расхождении измерения повторяют, добиваясь указанной точности. Результаты записываются в табл. 14.

Таблица 14

Измерение длин изобат оз. (название) при $\tau = (0,1$ или $0,2)$ см

Измеряемая линия	Число отложений измерителя			Длина линии	
	Первое измерение n_1	Второе измерение n_2	Среднее n_{cp}	На чертеже $\tau n_{cp}, \text{см}$	В натуре $l_n = \tau n_{cp} M$, км
L					
l_1					
l_2					
...					
l_n					

Примечание: $n_{1,2}$ – кол-во шагов; l_1, \dots, l_n – длины изобат при соответствующих глубинах; M – масштаб карты.

Сумма длин изобат, которую можно найти по данным табл. 14, необходима для определения среднего уклона дна водоема.

Площадь водного зеркала водоема (F_0) и площади, ограниченные изобатами (F_1, F_2, \dots, F_n), которые необходимы для построения кривой площадей водоема, измеряют с помощью планиметра или палеткой (см. пункт 6.1 пособия). Результаты записываются в табл. 15.

Следует правильно выбирать единицы измерения отдельных морфометрических параметров. Например, длина и ширина, в зависимости от размеров водоема, выражаются в м или км, площадь – в м^2 , в тыс. м^2 (10^3 м^2) или км^2 (10^6 м^2), объем – в м^3 , млн. м^3 (10^6 м^3) или в км^3 (10^9 м^3).

**Определение площадей, ограниченных изобатами
(в масштабе карты озера, М 1:.....)**

Площадь	Площадь, см ²	Площадь в масштабе карты, d*M (м ² или км ²)
F ₀		
F ₁		
F ₂		
F _n		
F остров		

Примечание: М – масштаб карты.

При сложном рельефе дна водоема нужно обратить внимание на правильность подсчета величин площади водоема при разных уровнях. Так, на плане озера на рис. 21 изобатами 2, 4 и 6 м оконтурены по два участка. Для получения площади водного зеркала необходимо из площади, ограниченной урезом, вычесть площадь острова. Площадь, соответствующая горизонту 2 м, равна также разности площадей, ограниченных изобатой 2 м. Таким же образом определяется площадь, соответствующая горизонту 4 м. Но площадь, соответствующая горизонту 6 м, равна сумме площадей, ограниченных изобатой 6 м, так как под площадью, ограниченной изобатой Н, понимается участок водоема с глубиной больше Нм.

Для береговой линии определяется коэффициент развития береговой линии (K_p) путём сравнения длины береговой линии с длиной окружности круга, равновеликого озера по площади (способ Муравейского):

$$K_p = l / (2 * \sqrt{F_0 * \pi})$$

Определяется коэффициент изрезанности береговой линии

$$K_{изр} = l_o / l,$$

где l_o – это длина огибающей, а l – длина береговой линии.

При наличии островов определяется коэффициент островности ($K_{остр}$) по формулам

$$K_{остр} = (\sum F' / F) * 100\%$$

или

$$K_{остр} = (F - F_o / F) * 100\%,$$

где F – площадь озера, F_o – площадь зеркала озера, F' – площадь острова.

Для построения кривой площадей (рис. 22), представляющей собой график связи между глубинами и площадями $F=f(H)$, оконтуренными соответствующими изобатами, на оси ординат строится шкала глубин от 0 вниз до

максимальной глубины, а на оси абсцисс – шкала площадей от 0 вправо. Каждое из значений площади F_H откладывается на соответствующей глубине H . Точки соединяются плавной кривой. В точке максимальной глубины кривая площадей сливается с осью ординат.

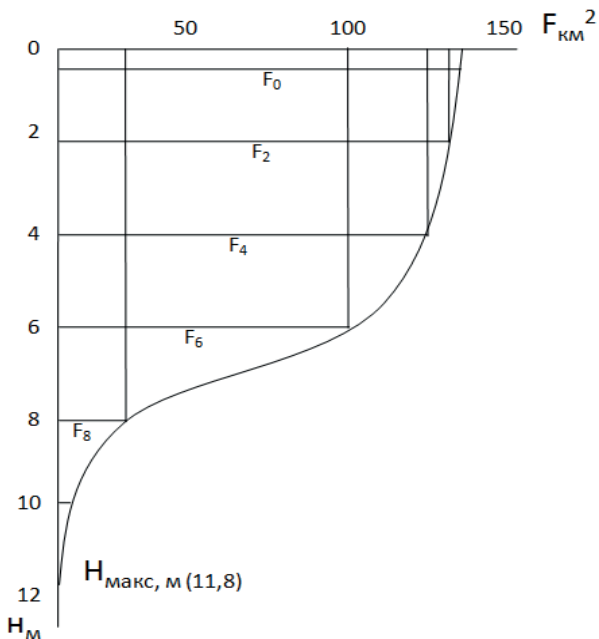


Рис. 22. Кривая площадей озера

Расчётные характеристики для построения продольного (по L) и поперечного (по $B_{\text{макс}}$) профилей озера заносятся в таблицы вида (табл. 16, 17).

Таблица 16

Исходные данные для построения продольного профиля озера

Расстояние от постоянного начала (A), м	Глубина H , м

Исходные данные для построения поперечного профиля озера

Расстояние от постоянного начала (С), м	Глубина Н, м

Профили будут иметь примерно следующий вид (рис. 23, 24).

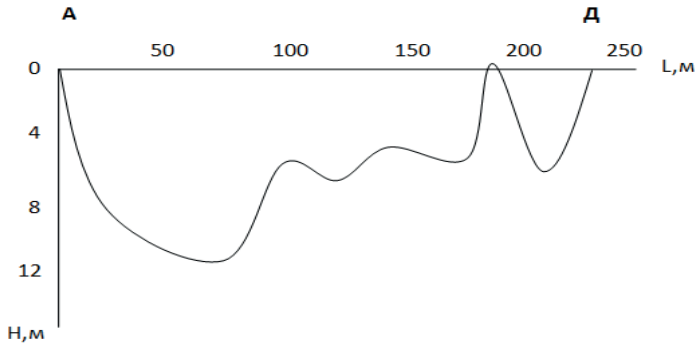


Рис. 23. Продольный (по L) профиль озера

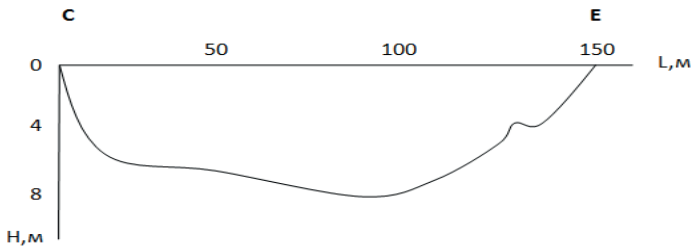


Рис. 24. Поперечный (по $V_{\text{макс}}$) профиль озера

Для определения объема озера (**W**) *графическим методом* нужно планиметром измерить площадь F_w фигуры, заключённой между осями координат и кривой площадей озера (фигура $OF_0H_{\text{макс}}$ на рис. 21):

$$W = F_w * M_w,$$

где M_w – число единиц объёма в 1 см^2 площади этой фигуры.

Например, если 1 см на вертикальной шкале графика соответствует 1 м, а на горизонтальной шкале – 1 км^2 , то 1 см^2 площади фигуры $OF_0H_{\text{макс}}$ соответ-

стует объёму, равному 1 млн м³. Результаты определения записывают в табл. 18. Графический способ определения объемов озера относится к более точному способу, так как учитывает особенности морфологии озерной котловины.

Таблица 18

**Определение объемов, ограниченных изобатами, графическим способом
(в масштабе карты озера, М 1:.....)**

Площадь	Номер обвода	Отсчёт, см ²	Средняя разность из 2 обводов d, см ²	Объем в масштабе карты d*M (м ³ или км ³)	Объём под изобатой (м ³ , км ³)
F ₀ -F ₂	I				
	II				
F ₂ -F ₄	I				
	II				
F ₄ -F ₆	I				
	II				
F ₆ -F _n	I				
	II				

Примечание: М – масштаб карты.

Объем воды под площадями, ограниченными изобатами, определяется путем суммирования объемов слоев от дна до плоскости соответствующей изобаты. Расчет объема озера графическим способом производится в табл. 18.

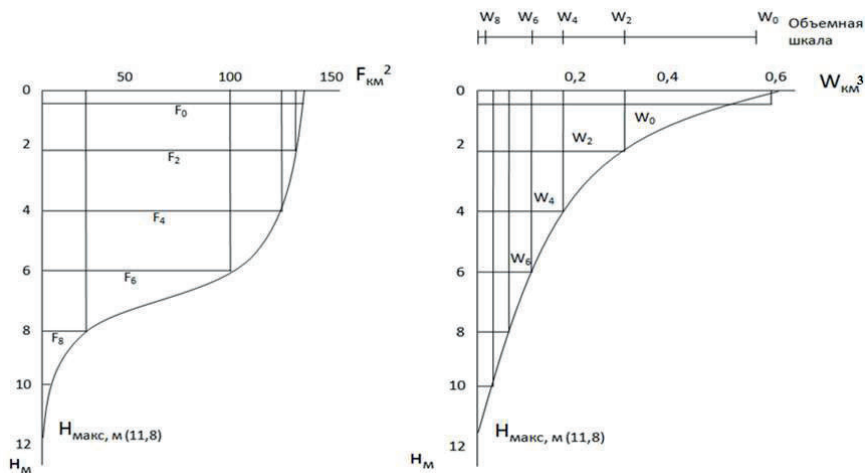


Рис. 25. Кривые площадей и объёмов озера

Кривая объемов, представляющая собой график связи между объемом воды в водоеме при определенном уровне и глубиной при этом уровне (рис. 25), строится **на том же листе миллиметровой бумаги**, на котором построена кривая площадей. На вертикальной оси размечается шкала глубин в том же масштабе, как и для кривой площадей, на горизонтальной оси – шкала объемов. Каждая из величин объема воды под изобатой откладывается в выбранном масштабе на глубине этой изобаты. Точки соединяются плавной кривой. В точке максимальной глубины кривая объемов сливается с осью ординат. Кривые объемов не могут быть ломаными линиями или выпуклыми относительно координатных осей, так как представляют собой нарастающую сумму объемов отдельных слоев воды.

Аналитический расчет объема воды в озере производится по слоям. Он позволяет получить ориентировочные значения, поскольку является менее точным. Каждый слой при этом рассматривается как усеченная пирамида (усеченный конус) и его объем рассчитывается по формуле

$$W_{0-n} = \frac{k}{3} * (F_n + F_{n+1} + \sqrt{F_n * F_{n+1}}),$$

где k – сечение изобат; F_n и F_{n+1} – площади, соответствующие глубинам, ограничивающим слой.

Общий объем воды в водоеме равен сумме объемов отдельных слоев:

$$W = \sum_0^{H_{\max}} W_{0-n}.$$

Чем большее количество изобат проведено на плане водоема, тем точнее можно рассчитать объем. При определении объемов слоев воды сложных котловин необходимо учитывать объем впадин и повышений дна, которые рассчитываются по формуле:

$$W_n = \frac{k' * F_n}{3},$$

где k' – расстояние между точкой с указанной глубиной и ближайшей изобатой H , ограничивающей площадь F_n .

Объем слоя W , в пределы которого попадают повышения дна с объемами W_n , рассчитывается по формуле:

$$W = W_{0-n} - \sum_0^{H_{\max}} W_n,$$

где W_{0-n} – объем слоя, рассчитанный по формуле усеченной пирамиды.

Средняя ширина $B_{\text{ср}}$ рассчитывается по формуле

$$B_{\text{ср}} = \frac{F_0}{L},$$

Средняя глубина $H_{\text{ср}}$ рассчитывается по формуле

$$H_{\text{ср}} = \frac{W}{F_0}.$$

Средний уклон дна I рассчитывается по формуле

$$I = \tan \gamma = k * \frac{\sum l}{F_0},$$

где $k \sum l$ – сумма длин изобат через одинаковое сечение (из первой работы); F_0 – площадь, соответствующая 0 изобате.

Средний угол наклона дна γ рассчитывается по формуле, учитывающей величину уклона дна (**I**):

$$\gamma = \arctan I.$$

Истинная поверхность (площадь) дна ($F_{\text{дна}}$) рассчитывается по формуле

$$F_{\text{дна}} = \frac{F_0}{\cos \gamma}.$$

Показатель ёмкости (K_{Φ}) – отношение средней глубины к максимальной глубине:

$$K_{\Phi} = \frac{H_{\text{ср}}}{H_{\text{макс}}}.$$

Показатель инерционного центра (**S_o**) (центр тяжести массы воды в озере при одинаковой её плотности во всём водоёме) рассчитывается по формуле

$$S_o = (\int_0^W H * dv) / W_{0 \text{ граф}},$$

где W_0 – объём воды в озере (сумма слоёв по графику или таблице), H – максимальная глубина; dv –элементарный объём. Величина $\int H dv$ выражается в m^4 и численно равна площади фигуры, ограниченной кривой объемов и осями координат (фигура $O W_0 H_{\text{макс}}$ на рис. 25), умноженной на M_s . Площадь f_s определяется планиметрированием, M_s рассчитывается по масштабам шкалы глубин и шкалы объемов. Делением этой величины на объём W_0 получают глубину инерционного центра водоема в метрах.

Показатель формы озёрной котловины (**C**) рассчитывается по формуле

$$C = \frac{H_{\text{ср}}}{S_o}.$$

Этот показатель условно ориентирует на сравнение формы озерной котловины с геометрическим телом (табл. 19). Если озеро имеет сложную котловину, образовавшуюся в результате отдельных понижений рельефа и слившихся воедино, следует выполнить расчет показателя (**C**) отдельно для каждого понижения и сопоставить его с геометрической фигурой. Один общий показатель получить для такого озера нельзя.

Таблица 19

Показатель формы некоторых геометрических тел

Геометрическое тело	Показатель формы C
Цилиндр	2,00
Полушарие	1,78
Параболоид	1,50
Конус	1,33

Все полученные характеристики заносятся в табл. 20.

Морфометрические показатели озера

Характеристика	Обозначение	Величина	Размерность
Длина	L		
Максимальная ширина	B_{\max}		
Длина береговой линии	l		
Максимальная глубина	H_{\max}		
Площадь водного зеркала	F_0		
Объём воды по графику	W_0^*		
Объём воды по расчёту	W_0		
Средняя глубина	$H_{\text{ср}}$		
Средняя ширина	$B_{\text{ср}}$		
Глубина инерционного центра	S_0		
Показатель формы чаши	C		
Средний уклон наклона дна	I		
Средний угол наклона дна	γ		
Коэффициент изрезанности береговой линии	$K_{\text{изр}}$		
Показатель ёмкости	$K_{\text{ф}}$		
Коэффициент развития береговой линии	$K_{\text{р}}$		
Коэффициент островности	$K_{\text{островн}}$		

Измерения температуры воды на водотоках и водоемах

Температуру воды измеряют водным термометром или специальным родниковым термометром в металлической оправе. Водный термометр для предохранения от ударов можно поместить в пластиковую бутылку с прорезями в нижней части.

При измерении температуры важную роль играет место проведения измерений. Прибрежные мелководья быстро прогреваются и их температура может значительно отличаться от температуры основного потока. Термометр обычно опускают в 3–5 м от уреза воды (или еще лучше посередине реки) на глубину около 1 м, причем термометр не должен касаться дна; держать его в воде следует не менее 5 мин. Затем его быстро извлекают на дневную поверхность и отсчитывают по шкале с точностью до 0,1°. Сначала – десятые доли градуса, а потом – уже целые.

При производстве отсчетов по термометру следует повернуться спиной к солнцу, а термометр держать за верхнюю часть на уровне глаз, касаться нижней части (стакана) нельзя.

7. ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ. ПОЛЕВЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВОДЫ

Полевые методы, являясь относительно простыми, могут выполняться непосредственно на водном объекте без использования сложного оборудования. Полевые методы анализа – это упрощенный вариант лабораторного анализа, поэтому точность их несколько ниже, но вполне достаточная, чтобы составить общее представление о концентрации отдельных компонентов в природных водах.

Некоторые показатели качества воды, имеющие важное экологическое и санитарно-химическое значение (БПК, нитраты), можно определить только в стационарных условиях путем кипячения, выпаривания и т.п. Для этой цели необходимый объем воды отбирают, транспортируют в базовый экспедиционный лагерь.

Более полно с методами полевого анализа можно ознакомиться в специальной литературе. Рассмотрим наиболее простые показатели качества воды.

Водно-санитарное законодательство устанавливает нормативы качества воды различных источников – предельно допустимые концентрации (ПДК), ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) и ориентировочно-безопасные уровни воздействия (ОБУВ). Лимитирующими показателями вредности являются органолептические, санитарно-токсикологические и общесанитарные.

Органолептические показатели

Анализ природных вод всегда следует начинать с органолептической оценки качества воды. К органолептическим характеристикам воды относятся цветность, мутность (прозрачность), запах, вкус и привкус, пенность, определяемые органами чувств человека (зрением, обонянием, вкусом). Органолептическая оценка позволяет оперативно получить большой объем прямой и косвенной информации о качестве воды и состоянии водного объекта.

Цветность – естественное свойство природной воды, обусловленное присутствием гуминовых веществ и комплексных соединений железа (определяется визуально).

Необходимое оборудование: пробирка стеклянная высотой 15–20 см, лист белой бумаги (в качестве фона).

Ход анализа:

- 1) пробирку заполняют водой до высоты 10–12 см;
- 2) воду в пробирке рассматривают сверху при хорошем боковом (дневном, искусственном) освещении на белом фоне;
- 3) определяют подходящий оттенок.

Цветность воды: слабо-желтоватая, светло-желтоватая, интенсивно-желтая, желтая, коричневая, красно-коричневая, другая (указать какая).

Особый интерес представляет сравнение цветности, определенной в различные гидрологические сезоны: зимнюю межень, половодье (на подъеме уровня воды, пике половодья и на спаде), летне-осеннюю межень и в период дождевых паводков. Интересно также узнать, что вызывает цветность воды (наличие болот или загрязнение водотока сточными водами).

Запах определяют при нормальной (20°C) и повышенной (60°C) температуре воды. Запах воды вызывают летучие пахнущие вещества, поступающие в воду в результате процессов жизнедеятельности водных организмов, при биохимическом разложении органических веществ, содержащихся в воде, например, в процессе гниения органических остатков умерших организмов, а также с промышленными, сельскохозяйственными (стоки животноводческих ферм) и хозяйственно-бытовыми сточными водами. В воду во время весеннего половодья или во время дождей загрязняющие вещества могут попадать также с поверхностным стоком. На запах воды оказывают влияние многие факторы: состав содержащихся в ней веществ, температура, величина рН, степень загрязненности водного объекта, биологическая обстановка, гидрологические условия и т.д. Различают запахи естественного и искусственного происхождения. Запахи естественного происхождения приведены в табл. 21.

Таблица 21

Запахи естественного происхождения

Характер запаха	Примеры запахов соответствующего ряда
Ароматический	Огуречный, цветочный
Болотный	Илистый, тинистый
Гнилостный	Фекальный, навозный
Древесный	Мокрой щепы, древесной коры
Землистый	Прельый, свежеспаханной земли
Плесневой	Затхлый
Сероводородный	Тухлых яиц
Травянистый	Сена, скошенной травы
Неопределенный	

Запахи искусственного происхождения: нефтепродуктов (бензиновый и др.), хлорный, уксусный, фенольный и др. Интенсивность запаха оценивают по 5-бальной шкале (табл. 22).

Определение характера и интенсивности запаха (по ГОСТу 3351)

Интенсивность запаха	Характер проявления запаха	Оценка интенсивности запаха
Нет	Запах не ощущается	0
Очень слабая	Запах сразу не ощущается, но обнаруживается при тщательном исследовании	1
Слабая	Запах замечается, если обратить на него внимание	2
Заметная	Запах легко замечается и вызывает неодобрительный отзыв о воде	3
Отчетливая	Запах обращает на себя внимание и заставляет воздержаться от питья	4
Очень сильная	Запах настолько сильный, что делает воду непригодной к употреблению	5

Оборудование: колба на 250–500 мл с пробкой.

Ход анализа:

- 1) колбу заполняют на 1/3 объема водой и закрывают пробкой;
- 2) вращательным движением руки содержимое колбы взбалтывают;
- 3) колбу открывают и осторожно вдыхают воздух из нее, направляя поток взмахом руки «к себе».

Если запах сразу не ощущается или неотчетливый, испытание можно повторить, нагрев воду в колбе до температуры 60°C (опустить в горячую воду).

Вкус и привкус

Оценивать воду на вкус можно только при уверенности, что анализируемые природные воды не загрязнены.

Различают 4 вкуса: соленый, кислый, сладкий, горький. Остальные вкусовые ощущения являются привкусами: солоноватый, горьковатый, металлический, хлорный и др.

Ход анализа

Анализируемую воду набирают в рот и задерживают на 3–5 с, не проглатывая. После определения вкуса воду сплевывают. Глотать воду нельзя!

Интенсивность вкуса и привкуса оценивается по 5-бальной шкале (табл. 23). Для питьевой воды допускаются значения показателей вкус и привкус не более 2 баллов.

**Определение характера и интенсивности вкуса и привкуса
(по ГОСТу 3351)**

Интенсивность вкуса и привкуса	Характер проявления вкуса и привкуса	Оценка интенсивности в баллах
Нет	Не ощущаются	0
Очень слабая	Не ощущаются потребителем, но обнаруживаются при тщательном тестировании	1
Слабая	Замечаются, если обратить не это внимание	2
Заметная	Легко замечаются и вызывают неодобрительный отзыв о воде	3
Отчетливая	Обращают на себя внимание и заставляют воздержаться от питья	4
Очень сильная	Настолько сильные, что делают воду непригодной к употреблению	5

Мутность

Мутность воды зависит от содержания в ней взвешенных мелкодисперсных примесей – нерастворимых или коллоидных частиц различного происхождения. Другими характеристиками воды, связанными с мутностью, являются: наличие осадка, количество взвешенных веществ и прозрачность.

Мутность в полевых условиях определяется визуально с использованием мутномерной пробирки.

Оборудование: пробирка стеклянная высотой 10–12 см, лист темной бумаги (для фона).

Ход анализа:

- 1) пробирка заполняется водой до высоты 10–12 см;
- 2) пробирку рассматривают сверху на темном фоне при хорошем боковом освещении (дневном, искусственном).

Величину мутности определяют качественно.

Пробу воды на мутность описывают качественно: прозрачная, слабо опалесцирующая, опалесцирующая, слабо мутная, мутная, очень мутная.

Осадок измеряют в миллиметрах. Он может отсутствовать, быть незначительным, заметным, большим, очень большим. Взвешенные вещества, присутствующие в природных водах, состоят из частиц песка, глины, ила и других нерастворимых неорганических соединений, а также из микроорганизмов, водных организмов и их отмерших остатков. Количество взвеси, зависящее от крупности частиц и скорости потока, обусловлено сезонными изменениями и режимом

стока, типом почв и пород, слагающих русло, а также влиянием хозяйственной деятельности человека. Взвешенные частицы влияют на прозрачность воды, температуру, качество и состояние вод.

Взвешенные вещества определяются после фильтрования пробы через фильтр, вес которого известен. По привесу высушенного фильтра определяют количество взвешенных веществ.

Прозрачность

Прозрачность природных вод обусловлена содержанием в них различных растворенных и взвешенных органических и минеральных веществ. В полевых условиях измеряется при помощи специального диска, известного как диск Секки. Этот метод очень прост и широко применяется. Диск Секки представляет собой металлический диск диаметром 200 мм, покрашенный белой краской с закрепленным в центре шнуром с разметкой через 1 см. Диск опускают в воду, чтобы он был едва заметен, измеряют по шнуру расстояние от поверхности воды до диска. Измерения проводят несколько раз, чтобы отраженный от водной поверхности свет не мешал наблюдениям. Для значений прозрачности, меньших 1 м, результат приводят с точностью до 1 см для больших значений – с точностью до 0,1 м.

Вместо диска Секки для измерения прозрачности можно использовать белую эмалированную крышку от кастрюли соответствующего диаметра. Измерения производят с мостов, наклоненных над водой деревьев, обрывистых берегов и даже длинной палкой, к которой привязан шнур.

Другой способ измерения прозрачности:

Оборудование: стеклянный цилиндр с внутренним диаметром 2,5 см и более и высотой не менее 30 см с дном из плоского отшлифованного или оптического стекла. Образец шрифта – четкий шрифт на белом фоне (высота 3,5 мм, ширина 0,35 мм) либо юстировочная метка (черный крест на белой бумаге). Линейка.

Ход анализа:

- 1) пробу тщательно перемешать и налить в цилиндр;
- 2) цилиндр нужно установить на высоте около 4 см над образцом шрифта. Шрифт должен быть хорошо освещен, но попадание света на боковую поверхность цилиндра не допускать, использовать защитный экран;
- 3) наблюдая сверху через столб воды и сливая или доливая воду в цилиндр, определяют высоту столба, еще позволяющего отчетливо видеть шрифт (метку). Измеренное значение прозрачности, т.е. столба воды, записывают с точностью до 1 см.

Пенистость считается способность воды сохранять искусственно созданную пену. Этот показатель может быть использован для качественной

оценки присутствия таких веществ, как поверхностно-активные вещества природного и искусственного происхождения и др.

Определяют пенистость, в основном, при исследовании сточных и загрязненных природных вод.

Ход анализа: колбу на 0,5 л заполняют на 1/3 водой, взбалтывают около 30 с. Проба считается положительной, если пена сохраняется более 1 мин. Величина рН воды при этом анализе должна быть 6,5–8,5 (при необходимости воду нейтрализуют).

Водородный показатель (рН)

Для всего живого в воде водоемов минимальная величина рН = 5; дождь с рН, менее 5,5, считается кислотным дождем. В питьевой воде допускается рН 6,0–9,0, в водоемах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – 6,5–8,5. Пониженное значение рН характерно для болотных вод, что обусловлено присутствием повышенного содержания природных кислот (гуминовых и др.).

Определить водородный показатель (рН) наиболее просто при помощи специальной рН-индикаторной бумаги. Точность такого определения не высока, ± 1 . Такой метод может быть использован только при грубой оценке степени кислотности и щелочности воды и недостаточен для анализа природной и питьевой воды.

Наиболее простой и доступный метод определения рН – визуально-колориметрический.

Оборудование: контрольная шкала образцов окраски растворов для определения рН; раствор универсального индикатора; пипетка-капельница (0,10 мл); пробирки колориметрические с меткой «5 мл».

Ход анализа:

1) колориметрическую пробирку споласкивают несколько раз анализируемой водой. Наливают до отметки 5 мл исследуемую воду;

2) пипеткой добавляют 3–4 капли раствора универсального индикатора и встряхивают пробирку;

3) окраску раствора сразу сравнивают с контрольной шкалой.

Окраску в пробирке наблюдают сверху на белом фоне при достаточном освещении и подбирают наиболее подходящую по шкале.

В лабораторных условиях для определения рН используют специальный прибор рН-метр.

Отбор проб воды и их консервация

Точность результатов химического анализа природных вод во многом зависит от соблюдения правил отбора проб воды.

Место отбора проб и их частота зависят от поставленной задачи. В реках и водотоках пробы отбирают в местах бурного течения, где поток хорошо перемешивается. Разовые пробы отражают состояние водоема в момент отбора пробы. Усредненные данные о составе вод дают смешанные пробы. Такие пробы получают смешением в одну разовых проб: а) отобранных в различных точках водоема или б) отобранных в одном месте через определенные промежутки времени.

Пробы воды могут отбираться как непосредственно перед анализом, так и заблаговременно, при этом можно использовать специальный прибор (батометр) или бутылку объемом не менее 1 л. Пробы для определения растворенного кислорода и БПК отбирают в отдельные склянки с соблюдением специфических правил отбора.

Посуда для отбора и хранения проб воды должна быть чистой, вымытой горячей мыльной водой; нельзя использовать стиральный порошок и хромовую смесь! Перед заполнением бутылку трижды споласкивают отбираемой водой и закупоривают пластмассовыми или стеклянными пробками.

Между пробкой и отобранной пробой оставляют воздух объемом 5–10 мл. На определение одного компонента требуется в среднем 30–50 мл воды.

Достоверность результатов анализа зависит от сроков хранения пробы, так как в воде не прерываются процессы окисления-восстановления, сорбции, седиментации, биохимические процессы и др. В результате этого некоторые компоненты могут окисляться или восстанавливаться, например: нитриты – до нитратов или ионов аммония; сульфаты – до сульфитов; кислород расходуется на окисление органических веществ; могут изменяться привкус, запах, цвет, мутность. Биохимические процессы можно замедлить, если пробу охладить до температуры 4–5°C (разместить в холодильник).

Анализ следует проводить сразу после отбора. Если такой возможности нет, то пробы консервируют. Универсального консерванта не существует, поэтому воду отбирают в несколько бутылок и добавляют в каждую химическое вещество в соответствии с данными табл. 24.

Законсервированная проба не может храниться бесконечно долго. Цель консервации – сохранить пробу на время доставки ее в специализированную лабораторию. Каждой бутылке с пробой присваивается номер и заполняется полевой журнал отбора проб, где отмечается:

- номер бутылки;
- место отбора (подробно);
- дата отбора (число, месяц);
- способ отбора пробы (батометром, в бутылку);

- глубина отбора (поверхность, у дна и т.д.);
- вид пробы (разовая, смешанная);
- применяемый консервант;
- условия хранения (продолжительность, температура);
- фамилия и подпись производившего отбор пробы наблюдателя.

Результаты проведенного анализа пробы воды оформляются в виде протокола исследования качества воды [3, 5, 8]; см. табл. 24.

Таблица 24

**Способы консервации,
особенности отбора и хранения проб**

Анализируемый показатель	Способ консервации и количество консерванта на 1 л воды	Максимальное время хранения пробы	Особенности отбора и хранения проб
1. Активный хлор	Не консервируют	Несколько минут	_____
2. Аммиак и ионы аммония	Не консервируют	2 ч	_____
	То же	1 сут	Хранить при 4°C
	2–4 мл хлороформа или 1 мл концентрированной серной кислоты	1–2 сут	_____
3. Биохимическое потребление кислорода (БПК)	Не консервируют	3 ч	Отбирать только в стеклянные бутылки
	- - -	1 сут	Хранить при 4°C
4. Взвешенные вещества	- - -	4 ч	Перед анализом взболтать
5. Вкус и привкус	Не консервируют	2 ч	Отбирать только в стеклянные бутылки
6. Водородный показатель (рН)	- - -	При отборе пробы	_____
	- - -	6 ч	В бутылки не оставлять пузырьков воздуха, предохранять от нагревания
7. Гидрокарбонаты	- - -	2 сут	_____
8. Железо общее	- - -	4 ч	_____
	2–4 мл хлороформа или 3 мл концентрированной азотной (соляной) кислоты (до рН 2)	2 сут	_____
9. Жесткость общая	Не консервируют	2 сут	_____
10. Запах (без нагревания)	- - -	2 ч	Отбирать только в стеклянные бутылки
11. Кальций	- - -	2 сут	_____
12. Карбонаты	- - -	2 сут	_____

Продолжение табл. 24

13. Металлы тяжелые (медь свинец, цинк)	Не консервируют	В день отбора	_____
	3 мл азотной или соляной кислоты (до pH 2)	3 сут	_____
14. Мутность	То же	1 мес.	Хранить при 4°C
	Не консервируют	2 ч	Перед анализом взболтать
15. Нефтепродукты	Не консервируют	В день отбора	Отбирать в стеклянные бутылки, для анализа используют весь объем пробы
	2–4 мл хлороформа	5 сут	_____
	Экстракция на месте отбора	1 мес.	_____
16. Никель	Не консервируют	В день отбора	_____
	3 мл концентрированной азотной (соляной) кислоты (до pH 2)	1 мес.	Хранить при 4°C
17. Нитраты	Не консервируют	2 ч	_____
	2–4 мл хлороформа	3 сут	Хранить при 4°C
18. Нитриты	Не консервируют	2 ч	_____
	2–4 мл хлороформа	3 сут	Хранить при 4°C
19. Пенистость	Не консервируют	В день отбора	_____
20. Прозрачность	- - -	4 ч	_____
21. Растворенный кислород	- - -	1 сут	Отбирать в кислородные склянки и фиксировать на месте отбора
22. Сероводород (сульфиды)	- - -	1 сут	Отбирать в отдельные склянки и фиксировать на месте отбора
23. Сульфаты	- - -	7 сут	_____
24. Сухой остаток	- - -	В день отбора	_____
	2 мл хлороформа	1–2 сут	_____
25. Фенолы	Не консервируют	В день отбора	Отбирать в стеклянные бутылки
	4 г гидроксида натрия	1–2 сут	Хранить при 4°C
26. Фосфаты (полифосфаты, общий фосфор)	Не консервируют	В день отбора	_____
	2–4 мл хлороформа	1 сут	_____
27. Фториды	Не консервируют	7 сут	Отбирать в полиэтиленовую посуду
28. Хлориды	- - -	7 сут	_____
29. Хроматы (суммарно)	Не консервируют	В день отбора	Возможна адсорбция хроматов стенками бутылки
	3 мл азотной или соляной кислоты (до pH 2)	1–2 сут	- - -
30. Цветность	Не консервируют	В день отбора пробы	_____
	2–4 мл хлороформа	1–2 сут	_____

8. ОРГАНИЗАЦИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Основным методом исследования, применяемым в метеорологии, является наблюдение. Метеорологические наблюдения заключаются в количественном определении значений метеорологических элементов и оценке качественных характеристик атмосферных явлений, оказывающих непосредственное воздействие на водные объекты и гидрологический режим. Объекты метеорологических наблюдений, т.е. климат и погода, являются одним из компонентов и определяющих факторов стока воды [20].

Основные метеорологические элементы, т.е. характеристики физического состояния атмосферы, следующие: атмосферное давление, температура воздуха, облачность, атмосферные осадки, снежный покров, направление и скорость ветра, видимость. Также отмечают атмосферные явления: грозы, туманы, метели, пыльные бури и т. д.

Длительные наблюдения за метеорологическими элементами и атмосферными явлениями проводят с помощью специальных приборов на метеорологических площадках.

В отличие от большинства других исследовательских заданий метеорологические наблюдения рассчитаны на длительный период времени и не могут быть выполнены в течение одного–двух дней [20].

Организация школьной метеорологической площадки

Метеорологическую площадку располагают так, чтобы ее наблюдения позволяли характеризовать метеорологические условия возможно более обширного района и были показательны для данного района.

Независимо от характера окружающей местности участок для метеоплощадки должен быть ровным, открытым, удаленным от строений, деревьев и других препятствий на расстояние не менее 10-кратной их высоты и не ближе чем в 100 м от больших водоемов. В то же время следует избегать чрезмерно открытых мест, где возможны завывания скорости ветра. Нельзя размещать метеорологическую площадку вблизи глубоких оврагов, обрывов и других резких изломов рельефа.

Стандартная метеорологическая площадка имеет размеры 26x26 м и ориентируется так, чтобы ее стороны были направлены с севера на юг и с востока на запад. Если объем наблюдений небольшой, размер площадки может быть уменьшен до 20x16 м, при этом длинная сторона прямоугольника направляется с севера на юг.

Приборы и оборудование размещают таким образом, чтобы они не влияли на показания соседних установок (не было затенения приборов, нарушения обмена воздуха). Поэтому на площадке приборы и оборудование устанавлива-

ют обычно в четыре линии с севера на юг примерно в шахматном порядке на расстоянии 4–6 м друг от друга.

Площадку ограждают хорошо продуваемой оградой из проволоки или проволочной сетки. Не рекомендуется применять штакетные ограды, способствующие накоплению снега и препятствующие свободному обмену воздуха. Вход устанавливается с северной стороны. Чтобы не нарушать естественного состояния поверхности площадки, для подхода к приборам прокладывают выпуклые дорожки шириной 40 см. К почвенным термометрам дорожки должны вести с севера, к гелиографу – с юга, к другим установкам – с тем расчетом, чтобы наблюдения производились с наименьшей затратой времени на переходы.

За метеорологической площадкой должен осуществляться периодический уход. Психрометрические будки, ограду, столбы, подставки для приборов с целью уменьшения нагревания солнечными лучами следует покрасить белой краской. Покров метеорологической площадки должен по возможности поддерживаться в естественном состоянии. Нельзя допускать разрастания травяного покрова выше 20 см. Не следует нарушать естественное состояние снежного покрова, но в случае образования сугробов их необходимо удалять [20].

Приборы, необходимые для проведения наблюдений:

1. Психрометрическая будка. 2. Асперационный психрометр – 2 термометра. 3. Термометры максимальный, минимальный и почвенный. 4. Гигрометр. 5. Осадкомерное ведро и осадкомерный стакан. 6. Книжки КМ-1. 7. Психрометрические таблицы. 8. Атлас облаков.

Ниже описаны основные наблюдаемые характеристики и методы наблюдений.

Температура и влажность воздуха. Температура воздуха в приземном слое измеряется в психрометрической будке по сухому термометру стационарного психрометра, установленному на высоте 2 м над земной поверхностью (рис. 26).

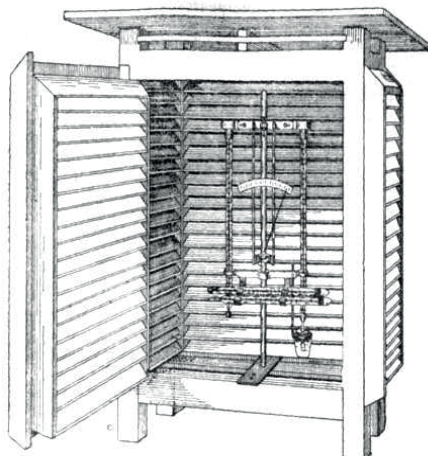


Рис. 26. Устройство психрометрической будки

Психрометрическая будка предназначена для размещения приборов, измеряющих температуру и влажность воздуха, и устранения влияния на них прямой солнечной радиации. Психрометрическая будка представляет собой деревянный шкаф с жалюзийными стенками, полом из трех досок, средняя из которых расположена выше двух крайних для улучшения вентиляции, потолком и крышей. Будка укрепляется на специальной ферме высотой 175 см горизонтально земной поверхности. Будка ориентируется на площадке так, чтобы дверца была обращена на север. Внутри будки устанавливаются следующие приборы: два психрометрических термометра вертикально на металлическом штативе в кольцах на концах поперечных перекладин. Резервуар правого термометра обертывается батистом, который опускается в стаканчик с водой. Резервуары термометров должны быть установлены на высоте 2 м над земной поверхностью. Правый термометр называется «смоченный», а левый – «сухой». «Сухой» термометр показывает температуру воздуха, а «смоченный» – температуру испаряющей поверхности резервуара. По показаниям этих двух термометров с помощью психрометрических таблиц определяются характеристики влажности. «Сухой и «смоченный» термометры в паре называются стационарным психрометром.

Кроме психрометрических термометров в будке устанавливаются максимальный и минимальный термометры. Они укладываются горизонтально на специальные дугообразные лапки резервуарами на восток, причем минимальный термометр кладется строго горизонтально на нижнюю пару лапок, а максимальный термометр – на верхнюю пару лапок с небольшим наклоном в сторону резервуара.

Для измерения относительной влажности в будке на верхней перекладине штатива устанавливается волосной гигрометр. Таков «интерьер» психрометрической будки.

Температура поверхности почвы. Она измеряется ртутным термометром на специально подготовленном участке, расположенном в южной части метеорологической площадки на ровном, не затененном от солнца месте. Участок, очищенный от растительности, перекапывается на глубину 25–30 см, выравнивается и разрыхляется граблями. Термометры укладываются горизонтально резервуарами на восток так, чтобы резервуар и внешняя оболочка термометра были погружены наполовину в почву.

Состояние поверхности почвы. Наблюдения за состоянием поверхности почвы проводятся в теплый период года на участке без растительного покрова на метеорологической площадке, где установлены напочвенные термометры. Результаты наблюдений записываются в книжку КМ-1 в баллах: 0 – сухая, 1 – влажная, 2 – мокрая, 3 – замерзшая, 4 – корка льда, 5,6,7 – лед, снег или тающий снег.

Наблюдения по психрометру. Цена деления у психрометрических термометров $0,2^{\circ}\text{C}$, а отсчеты по всем термометрам производятся с точностью до одной десятой градуса. При отсчетах необходимо соблюдать следующие правила: наблюдатель должен установить глаз на одной высоте с концом столбика ртути. Если положение глаза правильное, то отсчитываемое деление будет казаться на всем протяжении ровной линией, а если положение глаза неверное, то линия в месте, где проходит капилляр, будет казаться изогнутой.

Определение влажности по стационарному психрометру производится до температуры не ниже -10°C . Отсчеты по психрометру записываются в книжку КМ-1 в отведенные для этого строки и затем исправляются поправками, взятыми из прилагаемого к каждому термометру поверочного свидетельства. Затем поправки алгебраически складываются с отсчетами по термометрам.

Определение минимальной температуры воздуха. Минимальная температура воздуха за промежуток времени между сроками определяется с помощью минимального спиртового термометра. В капилляре минимального термометра перемещается стеклянный штифт, по положению которого и определяется минимальная температура воздуха между сроками наблюдений. При исправном состоянии прибора штифт должен находиться в спирте. При повышении температуры столбик спирта удлиняется, а штифт остается на месте. При понижении температуры столбик спирта укорачивается и за счет сил поверхностного натяжения мениск спирта тянет за собой штифт и тот конец штифта, который находится ближе к поверхности столбика спирта (мениска) и показывает минимальную температуру между сроками наблюдений. Отсчеты по минимальному термометру производятся при его горизонтальном положении по показаниям спирта

и штифта и записываются в книжку КМ-1 в графы «спирт» и «штифт». После отсчета по минимальному термометру его наклоняют на 30–45°С резервуаром кверху для того, чтобы привести штифт в соприкосновение с концом столбика спирта. Цена деления шкалы минимального термометра равна 0,5°С, но отсчет берется с точностью до 0,1°С. После наблюдения к показаниям вводятся поправки, взятые из поверочного свидетельства.

Определение максимальной температуры. Для определения максимальной температуры используется максимальный ртутный термометр. В дно резервуара максимального термометра впаян конический стеклянный штифт, который снаружи не виден, поскольку он находится в ртути. Верхний конец штифта входит в начало капилляра и образует сужение его поперечного сечения, затрудняя продвижение ртути в этом месте. При повышении температуры ртуть проходит в капилляр и столбик ртути поднимается вверх. При понижении температуры ртуть не может опуститься вниз из-за сужения устья капилляра и остается на уровне, показывающем максимальное значение температуры между сроками наблюдений.

Цена деления шкалы максимального термометра равна 0,5°С, но отсчет производится с точностью до одной десятой градуса. После отсчета термометр снимается с лапок штатива и встряхивается до тех пор, пока он не покажет температуру, близкую к отсчету сухого термометра. В книжку КМ-1 в графу «Максимальный термометр» записываются два отсчета – «до встряхивания» и «после встряхивания». После наблюдения отсчеты исправляются поправками, взятыми из поверочного свидетельства. Каждый из термометров, находящихся в психрометрической будке, имеет индивидуальный номер, нанесенный в верхней части шкалы. Этот номер должен соответствовать номеру поверочного свидетельства, в котором даны поправки к интервалам температур по всей шкале термометра.

Определение влажности по волосному гигрометру. Волосной гигрометр предназначен для определения относительной влажности воздуха. Чувствительным элементом прибора является обезжиренный человеческий волос. Способность человеческого волоса изменять свою длину при изменении влажности была открыта в XVIII в. швейцарским ученым Соссюром. Человеческий волос имеет множество микроскопических пор, которые частично или полностью заполняются влагой из воздуха. При повышении влажности поры заполняются в большей степени и длина волоса увеличивается и наоборот. При малых значениях относительной влажности волос более чувствителен к изменениям влажности, поэтому шкала имеет неравномерные деления. Цена деления шкалы гигрометра – 1%. Отсчет также производится с точностью до одного процента.

Атмосферное давление. Атмосферное давление на станциях измеряется с помощью стационарного чашечного ртутного барометра, который представляет собой запаянную в верхней части стеклянную трубку, нижний открытый конец которой укреплен в пластмассовой или чугунной чашке, наполненной ртутью. Чашка имеет сообщение с наружным воздухом. Из стеклянной трубки воздух выкачан и через отверстие в чашке воздух давит на поверхность ртути и в трубке удерживается столб ртути, вес которого уравнивает атмосферное давление. После определения давления в отсчет вводятся поправки: инструментальная поправка; поправка для приведения показаний к нормальному ускорению силы тяжести и температурная поправка на приведение показаний барометра к нулю градусов.

На практике атмосферное давление измеряется при помощи барометра – анероида. Чувствительным элементом прибора является блок анероидных коробок. При увеличении атмосферного давления коробка сжимается, при уменьшении – разжимается. С помощью передаточного механизма деформация передается на центральную ось со стрелкой, расположенной над зеркальной шкалой. Прибор установлен в металлическом корпусе, который, в свою очередь, укреплен в футляре на пружинных амортизаторах.

Основные технические характеристики барометра-анероида МД-49-2: пределы измерения – 600 – 800 мм. рт. ст.; погрешность измерения в диапазоне температур $-10...+50^{\circ}\text{C}$ – 0.8 мм. рт. ст.; цена деления шкалы – 1 мм рт. ст. К показаниям барометра-анероида вводятся 3 поправки – температурная, шкаловая и добавочная.

Температурная поправка обусловлена изменением упругих свойств анероидной коробки при изменении температуры. При повышении температуры упругость материала, из которого изготовлена коробка (а это латунь), уменьшается, коробка деформируется больше и вследствие этого показывает завышенную величину давления. Величина завышения учитывается температурной поправкой со знаком «минус». В паспорте прибора дается температурный коэффициент K , который означает изменение показаний анероида при изменении температуры на 1°C .

Температурная поправка определяется по формуле

$$T_{\text{п}}=K \cdot t+0,002 \cdot (75-P_t) \cdot (t-20),$$

где $T_{\text{п}}$ – температурная поправка; K – температурный коэффициент, указанный в аттестате; T – температура, при которой произведен отсчет по прибору; P_t – отсчитанное давление в округленных десятках мм рт. ст.

Шкаловая поправка – это индивидуальная поправка прибора, определяемая путем сравнения показаний анероида с эталонным прибором – ртутным

манометром. Определяется при изготовлении прибора на заводе-изготовителе и указывается в аттестате прибора.

Все три поправки алгебраически складываются и полученная величина также алгебраически прибавляется к значению отсчитанного давления. Снятая и исправленная величины давления записываются в книжку КМ-1 в графе «Барометр». На метеостанциях величину атмосферного давления еще приводят к уровню моря и определяют барометрическую тенденцию, что в школьных наблюдениях можно не делать.

Измерение ветра. Ветер – это горизонтальное перемещение воздуха относительно земной поверхности, которое характеризуется направлением и скоростью. За направление ветра принимается то направление, «откуда» дует ветер. Направление ветра измеряется в градусах от плоскости меридиана по часовой стрелке от 0 до 360° или в румбах.

Скорость и направление ветра на метеостанциях измеряется анеморумбометрами или по флюгеру Вильда, который состоит из неподвижного вертикального стержня с укрепленными на нем штифтами–указателями направления и надетой на него подвижной части в виде трубки, на которой смонтированы флюгарка, указывающая направление ветра, и указатель скорости.

При наблюдениях по флюгеру определяется среднее направление ветра (откуда дует ветер) за 2 мин., а также средняя скорость ветра за 2 мин. и максимальное ее значение за эти же 2 мин.

Для определения направления ветра следует подойти к мачте и, подняв голову, наблюдать за колебаниями указателя направления в течение 2 мин. и определить его среднее положение. Отсчет направления производится по 16 румбам (табл. 25).

Для определения скорости нужно отойти от мачты в направлении, перпендикулярном к положению флюгарки, и, наблюдая колебания в течение 2 мин., определить номер штифта, около которого наблюдалось среднее положение доски за эти 2 мин. При этом надо отметить и самое большое отклонение доски и это будет соответствовать скорости ветра в порывах. Номера штифтов считаются снизу вверх от 0 до 7. Нулевой штифт соответствует штилю. На метеоплощадках метеостанций устанавливаются два флюгера – с тяжелой и легкой доской. Скорость ветра определяется по положению доски флюгера: между штифтами 0 и 1 скорость ветра на флюгере с легкой доской составляет 1 м/с; с тяжелой доской 2 м/с; около штифта 1 скорость 2 м/с (легкая доска) и 4 м/с (тяжелая доска). Такая зависимость продолжается до 5 штифта – 10 м/с и 20 м/с. Далее 6 штифт – 14 м/с (легкая доска) и 28 м/с (тяжелая доска); между 6 и 7 – 17 и 34 м/с и 7 штифт – 20 м/с (легкая доска) и 40 м/с (тяжелая доска).

В полевых условиях скорость ветра измеряется с помощью анемометров различных типов. Часто для этой цели используется ручной чашечный анемометр МС-13, позволяющий определять скорость ветра в диапазоне от 1 до 20 м/с.

Чувствительным элементом прибора является четырехчашечная вертушка, закрепленная в опорах на вращающейся оси. Счетный механизм имеет 3 циферблата: два малых и один большой. Правый малый показывает тысячи, левый малый – сотни, и большой циферблат – десятки и единицы.

Таблица 25

Названия румбов и их обозначения

Название	Обозначение		Градусы	
	рус.	междунар.	от	до
Северо-северо-восток	ССВ	NNE	12	33
Северо-восток	СВ	NE	34	56
Восток-северо-восток	ВСВ	ENE	57	78
Восток	В	E	79	101
Восток-юго восток	ВЮВ	ESE	102	123
Юго-восток	ЮВ	SE	124	146
Юго-юго-восток	ЮЮВ	SSE	147	168
Юг	Ю	S	169	191
Юго-юго-запад	ЮЮЗ	SSW	192	213
Юго-запад	ЮЗ	SW	214	236
Запад-юго-запад	ЗЮЗ	WSW	237	258
Запад	З	W	259	281
Запад-северо-запад	ЗСЗ	WNW	282	303
Северо-запад	СЗ	NW	304	326
Северо-северо-запад	ССЗ	NNW	327	348
Север	С	N	349	11

Последовательность действий при организации наблюдений:

- укрепить анемометр на заданной высоте, шкала должна быть обращена в подветренную сторону для того, чтобы наблюдатель не загораживал ветер, а плоскость циферблата была перпендикулярна направлению ветра;
- записать начальный отсчет;
- включить одновременно анемометр и секундомер на 300 или на 600 с;
- по истечении времени выключить анемометр и снять конечный отсчет.

Обработка: из конечного отсчета вычесть начальный и полученную разность поделить на время. Тем самым мы определим число оборотов в секунду точно так же, как у речной вертушки. Затем по сертификату прибора по кривой

зависимости числа оборотов в секунду от скорости ветра определяем среднюю скорость ветра за данный промежуток времени.

Бесприборные наблюдения над ветром. При отсутствии или неисправности приборов направление и скорость ветра можно определить по любым косвенным признакам: направление – по дыму, движению легких предметов в воздухе, по наклону травы, ветвей, деревьев; скорость ветра – по степени той силы, с которой он действует на различные предметы (для этого существует условная балловая шкала).

Наблюдения за облачностью. В состав наблюдений за облачностью входит определение количества облаков и их формы. Количество облаков оценивается по степени покрытия небосвода по 10-балльной шкале. Для определения форм используется международная классификация, которая включает 10 форм облаков, 20 видов и 32 разновидности. Студентам необходимо знать только 10 форм облаков и те формы и виды, из которых образуются осадки.

По высоте нижней границы облака подразделяются на три яруса:

- облака верхнего яруса. Их нижняя граница находится выше 6 км;
- облака среднего яруса. Их нижняя граница находится между 2 и 6 км;
- облака нижнего яруса. Их нижняя граница находится ниже 2 км и может начинаться от поверхности Земли.

При определении форм облаков нужно пользоваться «Атласом облаков».

При наблюдении за количеством облаков сначала определяется общее количество облаков всех ярусов и записывается в книжку КМ-1 в графу «Облачность» в числителе, а затем – количество облаков нижнего яруса записывается в знаменателе.

Международная классификация форм облачности дается на латинском и русском языках.

К облакам верхнего яруса относятся перистые – *Cirrus* (Ci); перисто-кучевые – *Cirrocumulus* (Cc); перисто-слоистые – *Cirrostratus* (Cs). Через эти облака хорошо просвечивают солнце, луна и звезды. Осадки из них не выпадают.

К облакам среднего яруса относятся высоко-кучевые – *Alto cumulus* (Ac), высоко-слоистые – *Altostratus* (As), солнце и луна просвечивают как сквозь матовое стекло, осадки иногда выпадают слабые, часто не достигающие земли.

К облакам нижнего яруса относятся слоисто-кучевые – *Stratocumulus* (Sc). Как правило, осадки не выпадают; солнце и луна могут просвечивать только сквозь тонкие края облаков. К ним же относятся слоистые облака – *Stratus* (St). Солнце и луна обычно не просвечивают, осадки, как правило, не выпадают, в очень редких случаях летом может выпадать морось. В эту же группу входят слоисто-дождевые – *Nimbostratus* (Ns). Солнце и луна не просвечивают, из облаков этой формы идут обложные осадки.

Облака вертикального развития: кучевые – Cumulus (Cu), (солнце не просвечивает, осадки не выпадают); кучево-дождевые – Cumulonimbus (Cb), (солнце не просвечивает, из облаков этой формы идут ливневые осадки).

Наблюдения за атмосферными явлениями. Наблюдения над атмосферными осадками: определение вида осадков, их интенсивности и измерение количества выпавших осадков, т.е. сумм за период между двумя последовательными измерениями.

Виды осадков

Дождь – осадки, выпадающие в виде капель. Капли дождя, падая на воду, оставляют след в виде расходящихся кругов, а на сухой поверхности – след в виде мокрого пятна. Выпадение дождя без изменений его интенсивности происходит в основном из слоисто-дождевых облаков. В редких случаях слабый дождь может выпасть из высоко-слоистых и слоисто-кучевых облаков.

Ливневой дождь – дождь, характеризующийся большой интенсивностью и, как правило, кратковременностью. Выпадает из кучево-дождевых облаков. Часто сопровождается грозой.

Морось – осадки в виде очень мелких капелек. Они не оставляют кругов на воде и мокрых пятен на сухой поверхности. Морось выпадает из слоистых облаков или из тумана.

Ледяной дождь – осадки в виде мелких, твердых, прозрачных ледяных шариков диаметром от 1 до 3 мм, образующиеся из дождевых капель, которые при падении попадают из теплого слоя атмосферы в холодный и замерзают.

Град – осадки в виде кусочков льда различной формы и размеров. Ядра градин обычно непрозрачны, иногда окружены одним или несколькими прозрачными слоями. Диаметр градин от 5 мм до нескольких сантиметров. Выпадает из кучево-дождевых облаков.

Снег – форма атмосферных осадков, состоящая из мелких кристаллов льда. В зимнее время в умеренных и высоких широтах облака состоят не из капелек воды, а из мельчайших кристалликов – иголочек, которые, соединяясь вместе, образуют снежинки.

Осадки, образующиеся на поверхности земли и на предметах

Роса – капельки воды, образующиеся на поверхности земли и на предметах и растениях в результате соприкосновения влажного воздуха с более холодной поверхностью. Роса образуется только в том случае, если температура поверхности ниже точки росы.

Иней – белый кристаллический осадок, образующийся на поверхности земли и на предметах и растениях, когда их температура ниже нуля градусов. Кристаллы инея образуются в процессе сублимации, т.е. при переходе водяного пара в лед.

Гололед – слой льда, образующийся на поверхности земли и на предметах при отрицательных температурах вследствие намерзания капель переохлажденного дождя, мороси или тумана. Гололед бывает мутным или прозрачным.

Туман – присутствие в воздухе мельчайших, невидимых глазом капелек воды, когда горизонтальная видимость становится менее 1000 м. Туманы бывают поземные, ледяные и туманы испарения. Поземные туманы имеют высоту не более 2 м над сушей и не более 10 м над морем. Ледяные туманы состоят из ледяных кристаллов и наблюдаются только при больших морозах. Туманы испарения образуются над незамерзшей водной поверхностью при больших разностях температуры воды и воздуха.

Определение количества осадков. Количество осадков определяется высотой слоя воды в миллиметрах, который образовался бы на горизонтальной поверхности при отсутствии фильтрации в почву и испарения.

Определение количества осадков с помощью *осадкомера Третьякова*. В комплект осадкомера входят: два металлических сосуда для сбора осадков и одной крышки к ним, таган для установки осадкомерных сосудов, ветровая защита из 15 планок и двух стеклянных измерительных стаканов. Осадкомер устанавливается на метеорологической площадке. С северной стороны осадкомера устанавливается металлическая или деревянная лесенка (рис. 27).

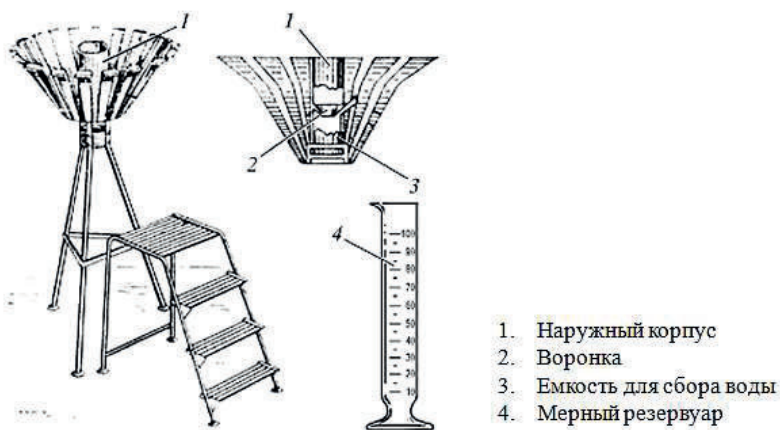


Рис. 27. Строение осадкомера

Наблюдения за осадками на сети гидрометстанций проводятся в сроки, ближайшие к 8 и 20 ч декретного времени, на студенческой практике – в последний срок – 21 ч местного времени. Наблюдатель снимает осадкомерный сосуд и уносит его в помещение, затем выливает воду из сосуда в измерительный стакан, держа сосуд над стаканом до тех пор, пока вода не перестанет капать.

Целые деления стакана записываются в книжку КМ-1 в строку «Осадки». Если уровень воды в стакане (нижний край мениска) находится посередине между соседними делениями, то в книжку записывается большее из них.

Если уровень воды в стакане ниже половины первого деления, то записывается 0, если на середине – 1. Если осадков в сосуде совсем нет, то в книжку ничего не записывается и графа остается незаполненной.

К измеренному количеству осадков вводится поправка на смачивание осадкомерного сосуда, величина которой зависит от вида и количества осадков в сосуде. Для жидких и смешанных осадков поправка определяется следующим образом: если в измерительном стакане уровень воды оказался на середине первого деления или выше, то к измеренному количеству прибавляется поправка 0,2, если уровень воды ниже половины первого деления, то прибавляется поправка 0,1.

Для твердых осадков: если уровень воды в стакане установился на половине первого деления или выше, то к измеренной величине прибавляется поправка 0,1. Во всех остальных случаях поправка равна 0,0.

Для записи осадков в книжке КМ-1 отводится три графы, где записываются измеренное количество осадков в целых делениях стакана, поправка на смачивание осадкомерного сосуда в миллиметрах и исправленная величина тоже в миллиметрах.

Примеры

1. После дождя количество осадков составило 5 делений стакана. В книжке КМ-1 запись имеет следующий вид:

5 0,2 0,7.

2. После дождя количество измеренных осадков оказалось меньше половины первого деления стакана. Запись в книжке КМ-1 имеет вид:

0 0,1 0,1.

Рекомендуется строить комплексные графики изменения метеорологических величин за период их наблюдений (месяц, сезон, год), куда входят температура воздуха, температура воды, температура поверхности почвы, влажность и проводить их сравнение и анализ изменения.

Все метеорологические наблюдения записываются в книжку наблюдений КМ-1 карандашом [20].

9. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

Пример экологического паспорта реки

1. Общие сведения о реке:

- название водотока;
- речная система (к какому водосбору принадлежит водный объект);
- главная река или приток (какого порядка);
- откуда начинается река (исток);
- куда впадает (устье);
- длина реки;
- протекает по территориям (районы, близлежащие населенные пункты);
- какие притоки принимает (правые, левые);
- есть ли плотины, запруды (их местонахождение);
- для искусственных водотоков (каналы, канавы); характер водотока (копаный, бетонные берега и др.); когда он был создан? Зачем он был создан?

2. Характеристика реки и ее долины в месте исследования:

- описание местоположения исследуемого участка реки (в верхнем течении (ближе к истоку), среднем, нижнем (ближе к устью));
- местоположение створа наблюдений;
- особенности речной долины (ширина и форма). Наличие террас, их количество, какими породами сложены. Растительность по берегам реки и на склонах речной долины. Пойма реки: ширина, растительность, слагающие породы;
 - родники в долине реки (количество, расположение);
 - русло реки: ширина, глубина (максимальная, средняя). Наличие островов, бродов, проток, перекатов и их расположение. Особенности грунта дна. Скорость течения. Расход воды;
 - оценка качества воды: мутность, цвет, осадок, прозрачность, запах, температура (*продолжите по желанию*).

3. Использование реки и ее долины и экологические последствия:

- какие населенные пункты находятся в долине реки и по берегам, на каком расстоянии от реки?
- промышленные и сельскохозяйственные предприятия, их расположение по отношению к реке;
- какие сельскохозяйственные угодья (засеянные поля, луга для выпаса скота)? Какую площадь они занимают?

- как используются река и долина для отдыха (дома отдыха, детские лагерь, пляжи и т.п.);
- используется ли река для судоходства или сплава леса?
- используется ли река для рыболовства? Какими способами ловят рыбу?
- используется ли река для водоснабжения и других хозяйственно-бытовых нужд?

4. Источники загрязнения реки и другие водоохранные мероприятия:

- природные источники и причины изменения качества воды;
- антропогенные источники загрязнения реки;
- укажите места сброса неочищенных вод;
- где находятся места сброса очищенных сточных вод? Какие мероприятия проводятся по их очистке?
- какова ширина природоохранной зоны реки, ее состояние;
- предложения по охране и рациональному использованию реки и ее долины;
- что сделано по очистке реки и ее берегов;

Составители паспорта (фамилия, имя, отчество, возраст, род занятий).

Дата заполнения.

Пример экологического паспорта водоема

1. Название: по карте, местное.

2. Местоположение.

Область.

Район.

Ближайшие населенные пункты и расстояние до них. Автодороги и расстояние до них. Ближайшие подъезды и подходы к водоему.

3. Для искусственных водоемов (пруды, карьеры, заполненные водой, колодцы): характер водоема (копанный, запрудный и др.). Когда он был создан? Зачем он был создан? Вид запруды, из чего сделана?

4. Окружающая местность: растительность и характер угодий на берегах (лес, кустарник, луг, болото, пашня — отметить на плане). Берега (низкие, пологие, крутые, обрывы). Слагающие породы (глины, суглинки, супеси, пески, торф).

5. Проточность водоема (проточный, сточный, глухой). Впадающие реки и ручьи (количество, название, длина, местоположение, ширина и глубина в устье). Береговые родники (наличие, местоположение, отметить на карте). Донные ключи и родники (отсутствуют, единичные, многочисленные). Имеются ли зимой незамерзающие полыньи, их местоположение.

6. Морфометрическая характеристика водоема:

Форма водоема (округлая, овальная, овально-вытянутая, сложная с заливами). Ориентированность в пространстве. Площадь (га или м²). Наибольшая длина (км или м). Ширина: наибольшая, средняя (км или м), глубина: наибольшая, средняя (м). Объем воды (м³).

7. Дно водоема (ровное, волнистое, с котловиной и др.). Донные отложения (наличие, глубина распространения и примерная доля от площади дна - записать и отметить на плане): каменистые, песчаные, глинистые, илы, торф.

8. Характеристика воды в водоеме: прозрачность воды (см). Цвет воды. Мутность. Реакция среды (рН). Гидрохимические показатели: нитраты (мг/л), фосфаты (мг/л), другие показатели.

9. Прибрежная растительность водоема

Прибрежные растения и их встречаемость (обилие). Растения с плавающими листьями, их встречаемость. Погруженные растения, их встречаемость. Степень зарастания водоема (% общей площади).

10. Цветение воды (ежегодно или нет, в каком месяце).

11. Обитатели водоема: рыбы – преобладают, редкие, уникальные (больше нигде не встречаются); бентос (донные организмы); раки (обычны, редки, исчезают, появились вновь).

12. Использование водоема: водозабор (для каких целей, в каком объеме); рыболовство (виды лова, в течение всего года или нерегулярно, какие виды рыб вылавливают, объемы лова); отдых и туризм (указать и отметить на карте места стоянок туристов и отдыхающих, расположение турбаз, детских лагерей и т.п.); для других целей (каких).

13. Загрязнение водоема и его последствия: есть ли вблизи водоема промышленные предприятия, животноводческие фермы, хранилища удобрений, пашни, огороды, свалки (отметить на карте и описать местонахождение указанных объектов); качество воды притоков (чистые, загрязненные, грязные).

14. Вывод об экологическом состоянии водоема.

15. Предложения по охране и рациональному использованию водоема.

16. Составители паспорта (фамилия, имя, отчество, возраст, род занятий, адрес). Дата заполнения.

10. ПРОГРАММА ИЗУЧЕНИЯ ПУНКТОВ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ РЕКРЕАЦИИ И СПОРТА

Природные факторы широко используются для эффективного отдыха и укрепления здоровья человека, в частности водные объекты, используемые населением для рекреационных целей. В городах, поселках и других поселениях пунктами водопользования для рекреации и спорта являются оборудованные в соответствии с требованиями санитарных правил и норм безопасные пляжи, которые становятся мощным природным оздоровительным фактором.

Предлагаемая программа изучения пляжей школьниками может быть использована как базовая для исследования пунктов водопользования для отдыха как в черте населенного пункта (стационарно), так и в условиях водного похода. В зависимости от характера водного объекта, его хозяйственного назначения программа может быть скорректирована – сокращены или исключены отдельные разделы или дополнена рядом вопросов, касающихся конкретного объекта.

Программа исследования пляжей включает несколько блоков: 1-й – общие сведения о водном объекте (реке, озере, пруде, водохранилище) – название, место размещения, размеры (длина, площадь), карта, историческая справка и т.д.; 2-й – санитарное обследование пляжа; 3-й – отбор проб воды и лабораторный анализ ее физико-химических показателей; 4-й – изучение мнения отдыхающих о пляже; 5-й – разработка рекомендаций по оптимизации организации отдыха на данном водном объекте.

1-й блок предполагает изучение водного объекта на уровне имеющихся сведений, которые можно получить в библиотеке, архивах, справочной литературе, отчетах, средствах массовой информации и других источниках. Полученные материалы и их дальнейший анализ оформляются в виде реферата. При написании этой части работы необходима обязательная ссылка на источник информации.

2-й блок – санитарное обследование пляжа предусматривает непосредственное участие школьника в изучении пунктов водопользования для рекреации (пляжа).

Примерный план санитарного обследования пляжа

1. Наименование водного объекта, используемого для рекреационных целей.

2. Местоположение пляжа (город, район, микрорайон). Ориентиры для отыскания на местности (расстояние от железной дороги, поселка, автомобильной дороги и т.п.).

3. Характер пляжа (организованный, контролируемый, неорганизованный, неконтролируемый, стихийный).

4. Интенсивность использования пляжа (примерное количество отдыхающих, радиус обслуживания).

5. Характеристика территории пляжа:

- примерная длина, ширина, площадь и границы пляжа;

- наличие удобных и безопасных подходов к воде;

- наличие подъездных путей в зону рекреации;

- безопасный рельеф дна (отсутствие ям, зарослей водных растений, острых камней, осколков стекла и пр.);

- благоприятный гидрологический режим (отсутствие водоворотов, течений более 0,5 м/с).

6. Источники возможного загрязнения берега и воды (места сброса сточных вод, лодочная станция, свалки бытового мусора, места мойки автомашин, стойбище и водопой скота, близость промышленных предприятий и пр.).

7. Качество воды по органолептическим и физико-химическим показателям (температура воды, pH, запах, цветность, мутность, привкус, азот аммиака, азот нитритов, хлориды).

8. Благоустройство пляжа (наличие опознавательных знаков на границе зоны купания, теневых навесов, тентов, зонтов, кабинок для переодевания, туалетов, душевых установок, урн, питьевых фонтанчиков, киоски и др.), наличие помещения медицинского пункта и спасательной станции.

9. Изучение мнения отдыхающих о данном пляже.

10. Заключение о санитарном состоянии пляжа.

Санитарное обследование пляжа предусматривает оценку качества воды с отбором проб воды и лабораторным анализом ее физико-химических показателей (**3-й блок**). Представление о качестве воды пляжа по органолептическим и некоторым физико-химическим показателям можно получить при проведении санитарного обследования пляжа по результатам исследований воды, используемым в полевых условиях.

Методы исследования воды в полевых условиях по таким показателям, как запах, цветность, вкус и привкус, мутность, прозрачность, водородный показатель, температура, описаны в разделе «Гидрохимические наблюдения, полевые методы анализа воды» данного пособия.

Важное значение при оценке качества воды в момент обследования пункта водопользования имеют сведения о степени загрязнения органическими веществами, косвенно свидетельствующими об эпидемиологической безопасности воды для населения. К таким косвенным показателям загрязнения воды ор-

ганическими веществами относятся азот аммиака, азот нитритов, хлориды. Следует отметить, что содержание их в той или иной степени присуще всем водным объектам. Однако высокие концентрации или изменение численных значений показателей в динамике свидетельствуют о возможном загрязнении органическими веществами. Можно примерно определить время и место появления источника загрязнения. Соли аммония в воде появляются в результате разложения веществ животного и растительного происхождения. Содержание их в природных водах обычно составляет десятые и сотые доли миллиграмма на 1 л. Однако высокие концентрации азота аммиака говорят о возможном свежем (возможно, фекальном) загрязнении органическими соединениями. При наличии их в воде в больших концентрациях можно предположить о свежем загрязнении. Нитриты являются промежуточным продуктом микробного (микробного) окисления аммиака или восстановления нитратов. Их присутствие, например, в питьевой воде свидетельствует о фекальном загрязнении воды. В большом количестве они находятся в некоторых промышленных и биологически очищенных сточных водах и, следовательно, могут определяться в водах водного объекта, используемого для целей отдыха населения. Конечным продуктом окисления органических веществ являются нитраты. Наличие нитратов в воде при условии отсутствия нитритов и солей аммиака показывает процесс полного окисления органического и минерального вещества и свидетельствует о загрязненности воды в прошлом. Следует помнить, что нитраты в воде могут быть и минерального происхождения, образующиеся вследствие выщелачивания солей азотной кислоты из почвы. Обычно в полевых условиях этот показатель не определяется. Хлориды в большом количестве также содержатся в хозяйственно-бытовых сточных водах и поэтому могут расцениваться как показатель органического загрязнения.

Исследование воды на содержание азота аммиака, азота нитритов, хлоридов (качественное и приближенное количественное) можно провести, пользуясь оборудованием и набором реактивов «походной лаборатории».

Методика определения азота аммиака

Оборудование и реактивы:

пробирки, пипетка; 50%-ный раствор сегнетовой соли ($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$); реактив Несслера (двойная соль йодистой ртути и йодистого калия, растворенная в KOH).

Методика: в пробирку из бесцветного стекла с плоским дном, диаметром 13–14 мм, наливают 10 мл воды, приливают 0,3 мл сегнетовой соли и 0,3 мл реактива Несслера. Через 5–10 мин оценивают интенсивность окраски содержи-

мого пробирки, просматривая ее сбоку и сверху на белом фоне. Определяют приближенное содержание азота аммиака по табл. 26.

Таблица 26

Приближенное определение содержания аммонийного азота, мг/л

Окрашивание при рассмотрении сбоку	Окрашивание при рассмотрении сверху вниз	Приблизительное содержание азота аммиака
Нет	Нет	Меньше 0,05
Нет	Чрезвычайно слабо-желтоватое	0,05 – 0,1
Чрезвычайно слабо-желтоватое	Слабо-желтоватое	0,1 – 0,25
Слабо-желтоватое	Желтоватое	0,25 – 0,4
Светло-желтоватое	Желтое	0,4 – 2,0
Желтое	Интенсивное желто-буроватое	2,0 – 4,0
Мутноватое резко желтое	Бурое, раствор мутный	4,0 – 8,0
Интенсивное бурое, раствор мутный	Интенсивное бурое, раствор мутный	8,0 – 10,0 и больше

Методика определения азота нитритов

Оборудование и реактивы: пробирки, пипетка; реактив Грисса (смесь сульфонафтиламина и сульфаниловой кислоты: $C_{10}K_7NH_2 + NH_2C_6H_4SO_3H$).

Методика: в пробирку из бесцветного стекла с плоским дном, диаметром 13–14 мм, наливают 10 мл воды и 0,5 мл (или немного сухого) реактива Грисса. Пробирку держат в кулаке в течение 5–10 мин. Оценивают интенсивность окраски через 5–10 мин, просматривая ее сбоку и сверху на белом фоне. Определяют приближенное содержание азота нитритов по табл. 27.

Таблица 27

Приближенное определение содержания азота нитритов, мг/л

Окрашивание при рассмотрении сбоку	Окрашивание при рассмотрении сверху вниз	Приблизительное содержание азота нитритов
Нет	Нет	Меньше 0,001
Едва заметно розовое	Едва уловимое слабо-розовое	0,002–0,004
Очень слабо-розовое	Слабо-розовое	0,004–0,015
Слабо-розовое	Светло-розовое	0,02–0,10
Светло-розовое	Розовое	0,10–0,20
Розовое	Сильнорозовое	0,20–0,30
Сильнорозовое	Малиновое	0,30–0,50
Малиновое	Ярко-малиновое	0,50–1,0

Методика определения хлоридов

Оборудование и реактивы: пробирки, пипетка; 10%-ный раствор азотно-кислого серебра, подкисленного азотной кислотой.

Методика: в пробирку из бесцветного стекла с плоским дном, диаметром 13–14 мм, наливают 5 мл воды, прибавляют 3 капли 10%-ного раствора азотно-кислого серебра, подкисленного азотной кислотой. Определяют приближенное содержание хлоридов по степени мутности или количеству осадка по табл. 28. На основании полученных результатов можно дать качественную характеристику воды водоема в пункте водопользования с точки зрения ее безопасности для населения.

Таблица 28

Приближенное определение содержания хлоридов в воде

Осадок или муть	Приблизительное содержание хлоридов
Опалесценция или слабая муть	1,0–10,0
Сильная муть	10,0–80,00
Образуются хлопья, но осаждаются не сразу	50,0–100,0
Белый объемистый осадок	Более 100,0

Более полную оценку качества воды водного объекта в районе пляжа можно получить, если имеется возможность провести анализ отобранных проб воды на базе санитарно-химических лабораторий ГФУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае» или воспользоваться уже имеющимися результатами исследования, проведенными в указанных лабораториях. При этом необходимо ориентироваться на общие требования к составу и свойствам воды водных объектов в контрольных створах и местах питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод» [3]. Общие требования к составу и свойствам воды водных объектов в контрольных створах и местах питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования представлены в табл. 29.

**Общие требования к составу и свойствам воды водных объектов
в контрольных створах и местах питьевого, хозяйственно-бытового
и рекреационного водопользования [2, 3]**

№ п/п	Показатели	Категории водопользования	
		Для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также для водоснабжения пищевых предприятий	Для рекреационного водопользования, а также в черте населенного пункта
1	Взвешенные вещества*	При сбросе сточных вод, производстве работ на водном объекте и в прибрежной зоне содержание взвешенных веществ в контрольном створе (пункте) не должно увеличиваться по сравнению с естественными условиями более чем на	
		0,25 мг/дм ³	0,75 мг/ дм ³
2	Плавающие примеси	Для водных объектов, содержащих в межень более 30 мг/дм ³ природных взвешенных веществ, допускается увеличение их содержания в воде в пределах 5%. Взвеси со скоростью выпадения более 0,4 мм/с для проточных водоемов и более 0,2 мм/с для водохранилищ к спуску запрещаются	
		На поверхности воды не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, жиров и скопление других примесей	
3	Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике	
4	Запахи	20 см	10см
		Вода не должна приобретать запахи интенсивностью более 2 баллов, обнаруживаемые:	
5	Температура	непосредственно или при последующем хлорировании или других способах обработки	
		непосредственно	
6	Водородный показатель (рН)	Летняя температура воды в результате сброса сточных вод не должна повышаться более чем на 3°С по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет	
7	Минерализация воды	Не должен выходить за пределы 6,5–8,5	
8	Растворенный кислород	Не более 1000 мг/ дм ³ , в том числе: хлоридов – 350 мг/дм ³ ; сульфатов –500 мг/дм ³	
9	Биохимическое потребление кислорода (БПК ₅)	Не должен быть менее 4 мг/дм ³ в любой период года, отобранный до 12 ч дня	
		Не должно превышать при температуре 20°С:	
10	Химическое потребление кислорода (бихроматная окисляемость), ХПК	2 мг О ₂ /дм ³	4 мг О ₂ /дм ³
		Не должно превышать:	
		15 мг О ₂ /дм ³	30 мг О ₂ /дм ³

№ п/п	Показатели	Категории водопользования	
		Для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также для водоснабжения пищевых предприятий	Для рекреационного водопользования, а также в черте населенного пункта
11	Химические вещества	Не должны содержаться в воде водных объектов в концентрациях, превышающих ПДК или ОДУ	
12	Возбудители кишечных Инфекций	Вода не должна содержать возбудителей кишечных инфекций	
13	Жизнеспособные яйца гельминтов (аскарид, власоглав, токсокар, фасциол), онкосферытениид и жизнеспособные цисты патогенных кишечных простейших	Не должны содержаться в 25 мл воды	
14	Термотолерантные колиформные бактерии**	Не более 100 КОЕ/100мл**	Не более 100 КОЕ/100мл
15	Общие колиформные бактерии**	Не более 1000 КОЕ/100мл**	Не более 500 КОЕ/100мл
16	Колифаги**	Не более 10 БОЕ/100мл**	Не более 10 КОЕ/100мл
17	Суммарная объемная активность радионуклидов при совместном присутствии***	$\sum(A_i/YBi) \leq 1$	

Примечания:

*Содержание в воде взвешенных веществ природного происхождения (хлопья гидроксидов металлов, образующихся при обработке сточных вод, частички асбеста, стекловолокна, базальта, капрона, лавсана и т.д.) не допускается.

**Для централизованного водоснабжения; при нецентрализованном питьевом водоснабжении вода подлежит обеззараживанию.

Термотолерантные колиформные бактерии (кишечные палочки) – их присутствие в воде является верным признаком свежего фекального загрязнения воды и, следовательно, эпидемиологической опасности воды.

Общие колиформные бактерии могут находиться в воде, содержащей большое количество органических веществ антропогенного происхождения. Среди этого органического загрязнения весьма вероятно присутствие клебсиел, кишечных вирусов, яиц гельминтов, цист и др. Наличие общих колиформ при отсутствии свежего фекального загрязнения свидетельствует об опасности воды в эпидемиологическом отношении.

Колифаги – санитарный показатель вирусного загрязнения, так как вирусы кишечной палочки постоянно присутствуют в местах обитания кишечной палочки во внешней среде.

***В случае превышения указанных уровней радиоактивного загрязнения контролируемой воды проводится дополнительный контроль радионуклидного загрязнения в соответствии с действующими нормами радиационной безопасности;

A_i – удельная активность i -го радионуклида в воде;

YBi – соответствующий уровень вмешательства для i -го радионуклида (приложение П-2 НРБ-99).

Блок № 4

Анкета

1. Пол: а) мужской, б) женский.

2. Возраст (подчеркнуть): до 18 лет, 18 – 25 лет, 25 – 40 лет, 40 – 50 лет, старше 50 лет

3. Вид деятельности отдыхающего (подчеркнуть): школьник, студент, преподаватель, работник инженерной специальности, работник физического труда, работник в сфере обслуживания, неработающий, пенсионер.

4. Назовите причины отдыха на водном объекте: доступность (пешеходная, автотранспортная), потребность в отдыхе на воде, пляж – единственная возможность отдыха в населенном пункте в летнее время, свежий воздух и чистая прохладная вода, благоустроенность пляжа, рыбалка, новые впечатления и знакомства, другие причины (указать).

5. Ваша оценка пляжа (подчеркнуть): неудовлетворительный, удовлетворительный, хороший, отличный

6. Ваша оценка водоема (нужное подчеркнуть):

а) качество воды: теплая, холодная, мутная, грязная, чистая, наличие масляных пятен на поверхности, цветная, другое (указать);

б) дно водоема: песчаное, каменистое, тинистое, глинистое, илистое, наличие зарослей водных растений, ям, бытового и строительного мусора (бутылки, пластиковые пакеты, банки, обломки бетонных конструкций, осколки стекла и др.);

в) берег пляжа: песчаный, каменистый, глинистый, травяной покров, бетонное покрытие, удобные и безопасные подходы к воде, санитарное состояние (грязный, наличие стекла, бытового мусора, кровососущие насекомые и др.).

7. Чем предпочитаете заниматься на пляже? (нужное подчеркнуть): воздушные и солнечные процедуры (загар), плавание, игры на воде, игры на берегу, рыбалка, другое (указать).

8. Частота посещения пляжа в среднем за неделю (нужное подчеркнуть): каждый день, 1–2 дня в неделю, 3–4 дня в неделю, по настроению, другое (указать).

9. Среднее время пребывания на пляже в день (нужное подчеркнуть): до 1 часа, 1–2 ч, 2–3 ч, 3–4 ч, весь день.

10. В какое время суток Вы обычно находитесь на берегу водоема? (нужное подчеркнуть): до 10⁰⁰ ч, до 12⁰⁰ ч, с 12⁰⁰ до 16⁰⁰ ч, после 16⁰⁰ ч.

11. Эффективность отдыха на берегу водного объекта для отдыхающего (нужное подчеркнуть): загорел, повысился тонус организма, похудел, отдохнул, стал бодрым, поймал рыбу, приобрел новые знакомства, повысил настроение, улучшилось самочувствие, перестал болеть, другое (указать).

12. Неблагоприятные изменения в состоянии здоровья, возникшие в результате посещения пляжа (нужное подчеркнуть): ухудшение самочувствия, головная боль, перегревание, раздражение глаз, кожи, простуда, кишечные заболевания, укусы насекомых, другое (указать).

13. Неблагоприятные факторы, мешающие Вашему отдыху на пляже (нужное подчеркнуть): мусор (бытовые отходы) на берегу, низкая температура воды, высокая мутность воды, наличие заметного запаха у воды, шум, кровососущие насекомые, недостаток рыбы, загазованность, отсутствие элементов благоустроенности (кабинок для переодевания, лежаков, урн, тентов, туалетов, заграждений, службы безопасности и т.д.), другое (указать).

14. Перечислите заболевания, связанные, по Вашему мнению, с неудовлетворительным санитарным состоянием пляжа: дизентерия, холера, брюшной тиф, раздражение глаз, фурункулез, другие (указать).

15. Укажите необходимые, по Вашему мнению, правила поведения на пляже: использовать кремы для загара, не мусорить, пользоваться лежаками или собственными подстилками, пользоваться зонтиками, пользоваться одноразовой посудой, находиться разумное время в воде, другие (указать).

16. Ваши рекомендации по обустройству пляжа.

11. РЕКОМЕНДУЕМЫЙ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Атлас единой глубоководной системы европейской части РСФСР. Река Кама от п. Керчевский до г. Чайковский. 2000. Т.9, ч.1.
2. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1988.
3. «Гидрологический ежегодник» (Г.е.). Издание Гидрометеорологической службы СССР. Содержит сведения о гидрологическом режиме рек, водохранилищ и озёр, полученные гидрологическими станциями и постами (уровень и расходы воды, расходы взвешенных наносов, крупность взвешенных наносов и донных отложений, температура воды и толщина льда, химический анализ воды), а также справочные сведения о постах и станциях. Г. е. издаётся с 1936; до этого (1872–1935) результаты гидрологических наблюдений публиковались в «Сведениях об уровнях воды» и «Материалах по режиму рек СССР». Г. е. – продолжение этих изданий.
4. Краткий справочник для гидрологических расчётов на реках западного Урала. Пермь, 1966.
5. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып.2. Ч.2. Гидрологические наблюдения на постах. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 264 с.
6. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып.6. Ч.1. Гидрологические наблюдения и работы на реках. Л.: Гидрометеиздат, 1957. 400 с.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. М.: Гидрометеиздат, 1965. Т. 11, вып. 1.
8. Ресурсы поверхностных вод СССР. Средний Урал и Приуралье: приложения. Л.: Гидрометеиздат, 1973. Т. 11.
9. Справочник по гидрометеорологическим приборам и установкам. Л.: Гидрометеиздат, 1978.
10. Справочник по климату СССР. Вып. 9. Температура воздуха и почвы. Л.: Гидрометеиздат, 1965.
11. Справочник по климату СССР, Вып. 9. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. Л.; Гидрометеиздат, 1968:
12. Условные знаки для топографических планов масштабов 1: 5000, 1: 2000, 1: 1000, 1: 500. М: ФГУП «Картгеоцентр», 2005. 287 с.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Пермского края / Коллектив авторов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь; 2012. 124 с.
2. Гигиенические требования к зонам рекреации водных объектов. ГОСТ 17.1.5.02-80. М.: Изд-во стандартов, 1981. 6 с.
3. Гигиенические требования к охране поверхностных вод: санитарные правила и нормы. М.: Изд-во Федерального центра Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2000. 24 с.
4. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1988. Т. 1, вып. 25.
5. Двинских С.А., Дьяков М.В., Китаев А.Б., Морозова Г.В. Водные объекты родного края: метод. пособие для учителей средних учебных заведений, студентов вузов. Пермь, 2003. 47 с.
6. Двинских С.А., Зуева Т.В., Китаев А.Б., Комлев А.М. Изучаем водные объекты Пермского края: учеб. пособие. Пермь, 2006. 109 с.
7. Двинских С.А., Китаев А.Б., Зуева Т.В., Щукова И.В. Водные объекты и их роль в формировании экологической обстановки города Перми: учеб. пособие (изд. 2-е, дополн. и перераб.). Пермь, 2008. 175с.
8. Двинских С.А., Китаев А.Б., Шайдулина А.А. Изучаем водные объекты Пермского края: учеб. пособие. Пермь, 2015. 120с.
9. Двинских С.А., Китаев А.Б., Гидрологический риск на водных объектах Пермского края // Географический вестник = Geographicalbulletin. 2018. № 1 (44). С. 44–56. doi 10.17072/2079-7877-2016-4-44-56
10. Калинин В.Г. Водный режим камских водохранилищ и рек их водосбора в зимний сезон: монография. Пермь, 2014. 184 с.
11. Калинин В.Г., Ларченко О.В. Практическая гидрология: учеб. пособие. Пермь, 2014. 90 с.
12. Калинин В.Г., Шайдулина А.А., Русаков В.С., Фасахов М.А. Математико-геоинформационное моделирование процесса снеготаяния на речных водосборах Прикамья // Лед и снег. 2022. 62 (1): С. 63–74. DOI: <https://doi.org/10.31857/S2076673422010116>.
13. Калинин В.Г., Шайдулина А.А. О верификации расчетов снеготаяния с данными наблюдений на метеорологических станциях // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов [Электронный ресурс]: тр. IX Всерос. науч.-практ. конф. с межд. участием. Пермь, 2023. Т. 1. С 100–104.
14. Комлев А.М., Черных Е.А. Реки Пермской области. Пермь. Перм. кн. изд-во, 1984. 214 с.

15. Кузин П.С. Классификация рек и гидрологическое районирование СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1960.
16. Правила использования водных ресурсов Камского и Воткинского водохранилищ на р. Каме. Изд-во Федерального агентства водных ресурсов, 2016. 202 с.
17. Природные опасности России. Оценка и управление природными рисками / под ред. А.Л. Рагозина. М.: КРУК, 2003. 316 с.
18. Ресурсы поверхностных вод СССР. Средний Урал и Приуралье. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. Т. 11.
19. Чрезвычайные ситуации. Краткая характеристика и классификация. М., 2000.
20. Шайдулина А.А., Носков В.М. Методы изучения водных объектов: метод. указания по выполнению гидрометеорологических работ / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2017. 46 с.
21. Шайдулина А.А., Калинин В.Г., Фасахов М.А. Пространственно-временные закономерности снеготаяния на речных водосборах Верхней Камы // Географический вестник, 2022. №1 (60). С. 100–112. DOI: <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2022-1-100-112>.

КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Абсолютная влажность воздуха – количество водяного пара в граммах, находящееся в 1м³ влажного воздуха.

Аккумуляция – процесс накопления в водных объектах воды, *наносов*, солей и т.д.

Аллювий(аллювиальные отложения) – глина, *ил*, песок, гравий, галька и другие продукты разрушения пород земной коры, перемещенные и отложенные водой.

Анаэробное состояние – состояние воды, в которой растворенный кислород содержится в количестве, недостаточном для поддержания существования *аэробных* бактерий.

Анаэробы – организмы, способные жить при отсутствии кислорода благодаря бескислородному типу получения энергии путем расщепления органических и неорганических веществ.

Анемометр – прибор для измерения скорости ветра или скорости и направления ветра.

Анеморумбометр – метеорологический прибор для одновременного определения направления и скорости ветра.

Аэробное состояние – состояние воды, в которой растворенный кислород содержится в количестве, достаточном для поддержания существования *аэробных* бактерий.

Аэробы – организмы, живущие в среде, содержащей достаточное количество кислорода.

Банк данных(база данных) – исчерпывающий набор связанных файлов данных для определенного использования, обычно на накопителях с прямым доступом.

Бассейн (водосбор) – часть земной поверхности, откуда происходит сток вод в отдельную реку, речную систему или озеро.

Батометр – устройство для получения пробы воды или переносимых потоком *наносов*, в том числе с глубины.

Бентос – организмы, живущие на (в) донных отложениях водных объектов.

Берег – поднятый участок земли, ограничивающий реку. Левый (правый) берег определяется, если стать лицом вниз по течению.

Биоиндикация – оценка состояния и изменений окружающей среды путем исследования структуры, состояния, численности, поведения, в частности миграций, животных и растений.

Биота – совокупность видов растений, грибов, животных и микроорганизмов (флоры и фауны) биогеоценоза, а также более крупных экосистем. Организмы биоты (бионты) связаны друг с другом сложными биотическими, а со средой – абиотическими взаимоотношениями.

Биохимическое потребление кислорода (БПК) – показатель *качества воды*, характеризующий содержание в воде биохимически (с помощью бактерий) разлагающихся веществ (ср. с ХПК).

Болото – участок земной поверхности, характеризующийся избыточным увлажнением в течение большей части года и специфической влаголюбивой растительностью. В болотах происходит накопление *торфа*.

Виды-индикаторы (биоиндикаторы) – группа особей одного вида или сообщество организмов, по наличию или состоянию которых судят об изменениях в среде.

Влажность воздуха – содержание водяного пара в воздухе характеризуется такими величинами, как *абсолютная* и *относительная* влажность.

Взвешенные наносы – твердые частицы различного происхождения, переносимые потоком во взвешенном состоянии (в толще воды).

Водное зеркало – водная поверхность поверхностных или подземных вод.

Водные объекты – все формы сосредоточения воды на поверхности суши – реки, озера, водохранилища, пруды, болота, ледники и др.

Водоем – скопление бессточных или с замедленным стоком вод в естественных или искусственных впадинах земной поверхности.

Водосбор – см. *бассейн*.

Водоток – обобщенное понятие для тех водных объектов, для которых характерно движение воды в направлении уклона в углублениях земной поверхности (реки, ручьи, каналы и т.д.)

Водопад – вертикальное или очень крутое падение потока воды.

Водораздел – граница между смежными бассейнами (водосборами).

Водоупорный пласт – геологический пласт с малой водопроницаемостью.

Водохранилище – искусственный водоем, созданный на базе естественного или в специально созданных чашах, новый объект с искусственно регулируемой по специальному плану емкостью и используемый для накопления регулирования и контроля водных ресурсов.

Выщелачивание – процесс перехода в раствор водорастворимых веществ горной породы или почвы.

Гигрометр – прибор для измерения относительного количества влаги в атмосфере.

Гидробиология – наука, изучающая водные организмы и условия их существования во взаимосвязи с окружающей средой.

Гидробионты – живые организмы (животные, растения, бактерии), развивающиеся и существующие в водной массе и донных отложениях водоемов и водотоков.

Гидрогеология – раздел геологии, который изучает происхождение, распространение и свойства подземных вод.

Гидрографическая сеть – совокупность постоянных и временных водных объектов на какой-либо территории.

Гидролиз – химическая реакция воды, в которой вода как реагент разрывает связи в молекулах веществ (реакция, противоположная образованию солей).

Гидрологический режим – закономерные изменения состояния и характеристик водного объекта во времени.

Гидрология – наука, занимающаяся изучением поверхностных вод и явлений и процессов в них протекающих. Гидрология исследует круговорот воды в природе, влияние на него хозяйственной деятельности человека и управление режимом водных объектов.

Гидросфера – водная оболочка земного шара: океаны, моря, реки, озера и т.д.

Гидрохимия – научная дисциплина, изучающая химический состав природных вод, его изменения и причины этих изменений.

Гиполимнион – масса воды ниже *термоклина* в *стратифицированных* водных объектах.

Годовой сток – общий объем воды, стекающий в течение года с поверхности участка суши или в русле реки.

Грунтовые воды – 1) подземные воды первого от поверхности Земли постоянного водоносного горизонта; образуются в основном за счет просачивания (*инфильтрации*) атмосферных осадков и вод рек, озер, водохранилищ и т.п.; 2) в гидрологии – все неглубоко залегающие подземные воды, *дренируемые* гидрографической сетью.

Детрит – взвешенные в воде частицы органического происхождения.

Долина реки – вытянутая вдоль русла форма рельефа, имеющая понижение в сторону течения.

Донные наносы (влекомые наносы) – частицы горных пород различной крупности, перемещаемые течением по дну реки.

Допустимая нагрузка – количество загрязняющих веществ, которое может принять водный объект без ущерба для состояния его *экосистемы*.

Загрязнение воды – присутствие в воде любых веществ, в естественных условиях не присутствующих в ней или имеющих в меньших концентрациях (микроорганизмов, химикатов), которые ухудшают *качество воды*.

Засоление почвы – процессы, при которых происходит повышение концентрации солей в почве (в основном вследствие испарения минерализованных грунтовых вод).

Затопление (наводнение) – 1) выход воды за пределы обычных границ реки или другого водного объекта; 2) регулируемое затопление в целях *ирригации*.

Затор – скопление льда на участке реки, препятствующее течению воды.

Зона аэрации – часть почв или грунтов, в которых поры частично заполнены водой, а частично – воздухом.

Зона насыщения – часть водосодержащего слоя почво-грунтов, в котором все пустоты заполнены водой.

Излучина(меандр) – плавный изгиб *русла* реки.

Изолинии – линии на картах и графиках, соединяющие точки с одинаковыми значениями какой-либо величины.

Изобаты – линии, соединяющие на плане реки, озера, водохранилища точки одинаковой глубины.

Ил – мелкие частицы взвеси или осадка, преимущественно органического происхождения, отлагающиеся в морях, озерах, водохранилищах и реках, по размеру частиц занимающие промежуточное положение между песком и глиной.

Канал – искусственное открытое русло, обычно с поперечным сечением определенной формы.

Карбонатная жесткость(временная жесткость) – жесткость воды, обусловленная растворенными бикарбонатами кальция и магния.

Качество воды – 1) характеристика состава и свойств воды, определяющих ее пригодность для конкретных видов водопользования; 2) физические, химические, биологические и органолептические свойства воды.

Кислотный дождь – дождевые осадки, которые в процессе своего формирования, объединяясь с химическими элементами, содержащимися в загрязняющих атмосферу веществах, достигают поверхности земли в виде слабокислых растворов.

Климат – статистический режим погодных условий, характерный для данного района в силу его географического положения.

Коли-индекс – число кишечных палочек группы колиформ в миллилитре воды. Используется как показатель присутствия организмов, способных вызывать заболевания человека.

Круговорот воды – непрерывная последовательность испарения воды, ее конденсации, выпадения осадков, распределения по поверхности земли и в ее толще.

Меандр – см. *излучина*.

Межень – минимальный *уровень* рек и озер, а также сезон, когда достигается минимальный уровень.

Мезотрофный водоем – характеризуется промежуточными условиями между *эвтрофными* и *олиготрофными* при естественном или антропогенном обогащении биогенными веществами.

Мониторинг – система регулярных наблюдений за определенными параметрами состояния окружающей среды, обеспечивающая сбор, передачу и обработку полученной информации их развития, информационного обеспечения управленческих решений с целью предотвращения вредных послед-

ствий и определения степени эффективности осуществляемых природоохранных мероприятий.

Морфометрические характеристики (бассейна, водоема и пр.) – параметры, характеризующие размеры и форму, такие как площадь, длина, ширина и т.д.

Наводнение – затопление водой местности и населенных пунктов в пределах речной долины выше ежегодно затопляемой *поймы* реки вследствие очень обильного притока воды в результате снеготаяния или (и) обильных дождей.

Наносы – твердый материал, переносимый водным потоком к месту последующего отложения.

Нивелирование – определение высоты точек земной поверхности относительно некоторой выбранной точки.

Овраг – промоины, возникающее в результате эрозионной деятельности потока талых и дождевых вод, стекающих по земной поверхности.

Олиготрофное озеро – озеро с малым содержанием *питательных веществ* и обычно с высоким содержанием растворенного кислорода; как правило, без заметной стратификации.

Осадкомер, дождемер, плювиометр или плювиограф – прибор для измерения атмосферных жидких и твердых осадков.

Осушение – отвод воды из почвы или котлована.

Отмель – участок дна водоема или водотока, характеризующийся меньшими глубинами по сравнению с окружающими участками.

Относительная влажность воздуха – процентное отношение реального содержания водяного пара в воздухе к содержанию его при полном насыщении, которое достигается при тех же значениях температуры и давления.

Паводок – 1) быстрый, кратковременный подъем уровня воды в реке до пика, от которого начинается его падение обычно более медленное, чем при подъеме; в отличие от половодья возникает в течение года нерегулярно; 2) относительно высокий сток, измеренный по уровню воды или расходу.

Перекат – относительно короткий и мелкий участок реки между ее излучинами.

Планктон – совокупность организмов, обитающих в толще воды и не способных противостоять переносу течением. Это многие бактерии, некоторые водоросли (фитопланктон), некоторые беспозвоночные (зоопланктон) и пр.

Плотина (барраж, барьер, запруда) – препятствие, сооруженное поперек долины для накопления воды или создания *водохранилища*.

Пойма – часть дна речной *долины*, затопляемая в периоды высокой водности, когда сток в реке превышает пропускную способность *русла*.

Половодье – фаза наибольшей в году водности реки с высоким и длительным подъемом уровня воды, обычно сопровождается выходом воды из *русла* на *пойму*. Половодье вызывается лавным источником питания реки (на равнинных реках России – весенним снеготаянием) и повторяется в один и тот же сезон из года в год с разной интенсивностью.

Пороги – участок реки с очень быстрым и стремительным течением, на поверхности потока выступают препятствия, но водопады или их каскады отсутствуют.

Пресная вода – природная вода, имеющая низкую минерализацию, пригодная для питья.

Проба воды – часть водной массы, представляющая ее состав и свойства на момент отбора.

Профиль русла – форма русла в вертикальной плоскости. Может быть продольным или поперечным.

Пруд – *водохранилище* небольшого размера, образуемое путем перегораживания небольшой реки, ручья, *оврага* или устройством специального котлована (копани).

Психрометрическая будка – будка особой конструкции, в которой помещают на метеорологических станциях психрометрическую установку.

Психрометр – прибор для измерения влажности воздуха и его температуры. Состоит из двух термометров — сухого и смоченного. Первый показывает температуру воздуха, а второй, теплоприёмник которого обвязан влажным батистом, – его собственную температуру, зависящую от интенсивности испарения, происходящего с поверхности его резервуара.

Психрометрическая таблица – используется для определения величины относительной влажности воздуха. Принцип работы: 1) в первом столбце находим температуру сухого термометра (в градусах Цельсия); 2) в первой

строке находим разность температур между сухим и влажным термометром; 3) на пересечении найденных строк из первых двух пунктов будет указана относительная влажность воздуха для данных условий.

Расход – объем жидкости, протекающий в реке (или канале) через поперечное сечение в единицу времени. Характеризует интенсивность стока.

Регулирование стока – искусственное перераспределение стока реки во времени в соответствии с требованиями водопотребления; выражается в увеличении или уменьшении стока в отдельные периоды по сравнению с естественным режимом; достигается временным задержанием воды в *водохранилищах* во время избытка воды (*половодье*) и последующим расходом в нужное время.

Река – это водоток значительных размеров, питающийся атмосферными осадками со своего *водосбора*, имеющий четко выраженное русло.

Русло – 1) самая глубокая часть речного ложа, по которой течет главный поток; 2) естественный или искусственный четко выраженный водоток, который периодически или постоянно содержит текущую воду.

Старица – участок ранее существовавшего *русла*, расположенный в *пойме* реки, оставшийся после того, как река прорезала новое, более короткое русло.

Стратификация – наличие или формирование отчетливых слоев в массе воды, выделяемых по солености, термическим характеристикам и др. физическим причинам.

Стремнина (быстрина) – мелководный участок реки, характеризующийся быстрым, бурным, неупорядоченным течением, обычно в местах пересечения водным потоком препятствий в виде каменистых гряд или обломков горных пород, затопленных полностью или частично.

Сукцессия – последовательная смена во времени одних *биоценозов* другими на определенном участке земной поверхности.

Термоклин (слой температурного скачка, металимнион) – водный слой с максимальным изменением температуры по глубине, существующий в условиях тепловой *стратификации* водной массы.

Торф – органические отложения, формирующиеся в условиях застойного избыточного увлажнения из остатков, не полностью разложившихся болотных растений.

Уровень воды (уровень) – высота свободной поверхности воды в данном месте, отсчитываемая относительно некоторой постоянной плоскости сравнения, принимаемой за нулевую отметку.

Уровень грунтовых вод – высота *водного зеркала* водоносного слоя в данном месте и в данное время.

Устье реки – место впадения реки в море, озеро или другую реку.

Фильтрация – течение воды через ненасыщенную пористую среду, например, в почве, под действием силы тяжести.

Фильтрование – процесс пропускания жидкости через пористую среду с целью удаления взвешенного или коллоидного вещества.

Флюгер Вильда – комбинированный метеорологический прибор для измерения направления и скорости ветра. Совмещает конструкции флюгера и анемометра.

Цветение воды – бурное развитие водорослей (обычно фитопланктона) в водном объекте.

Эвтрофикация – обогащение вод *биогенными элементами*, особенно компонентами азота и фосфора, которое ускоряет рост водной растительности.

Эвтрофное озеро – озеро, характеризующееся большим количеством *биогенных веществ* и высокой биомассой фитопланктона летом.

Экосистема – взаимосвязанная система живых организмов и окружающей их среды, в которой происходит циклический обмен веществ и энергии.

Эрозия – разрушение и удаление грунта с земной поверхности текучей водой, ледником, ветром и волнами.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Природные условия бассейна р. Камы.....	5
2. Гидрография Пермского края.....	19
3. Гидрологический риск на водных объектах.....	30
4. Методы изучения водных объектов родного края.....	59
5. Программа гидрологического изучения водных объектов.....	64
6. Организация гидрологических наблюдений.....	73
6.1. Определение гидрографических характеристик реки и её водосбора.....	73
6.2. Определение характеристик русла и наблюдения за водным режимом малых рек и временных водотоков.....	80
7. Гидрохимические наблюдения. Полевые методы анализа воды.....	102
8. Организация метеорологических наблюдений.....	111
9. Экологический паспорт водного объекта.....	123
10. Программа изучения пунктов водопользования для рекреации и спорта.....	126
11. Рекомендуемый список литературы при выполнении гидрологических исследований.....	135
Список использованной литературы.....	136
Краткий словарь терминов.....	138

Учебное издание

Китаев Александр Борисович
Шайдулина Аделия Александровна

Гидрологические исследования водных объектов родного края

Учебное пособие
для учителей средних школ, студентов вузов

Редактор *Н. И. Стрекаловская*
Корректор *А. В. Цветкова*
Компьютерная верстка: *А. А. Шайдулина*
Фото на обложке *О. А. Березиной*

Подписано в печать 29.03.2024. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 8,60. Тираж 100 экз. Заказ 61/2024

Управление издательской деятельности
Пермского государственного
национального исследовательского университета.
614068 г. Пермь, ул. Букирева, 15

Типография «Новопринт»
614016, г. Пермь, ул. Седова, 7, оф. 110