

А.М. Комлев

РЕКИ ПЕРМСКОГО КРАЯ



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пермский государственный университет»

А.М. Комлев

РЕКИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Пермь 2011

УДК 556
ББК 26.222
К 633

Комлев А.М.

К 633 Реки Пермского края: монография / А.М. Комлев; Перм.гос.ун-т. – Пермь: ООО «Алекс-Пресс», 2011. – 144 с.: [16] с ил.
ISBN 978-5-7944-1612-1

В монографии приводятся сведения о реках Пермского края, об особенностях их гидрологического режима, истории и современном состоянии их изучения и использования.

На конкретных примерах показана специфика исследований гидрологов, обеспечивающих необходимой информацией работ по проектированию, строительству и эксплуатации водохозяйственных объектов. Значительное внимание уделено истории изучения и современной оценке качества речных вод.

Издание предназначено для широкого круга читателей: гидрологов и работников водного хозяйства, студентов, краеведов, туристов и всех любителей природы, которую украшают наши реки.

Табл. 13. Ил. 44. Прил. 2. Библиогр. 27 назв.

Печатается по постановлению редакционно-издательского совета Пермского государственного университета.

Рецензенты: д-р геогр.наук, проф. А.П. Лепихин (Камский филиал РосНИИВХ), д-р геогр.наук, проф. Н.Н. Назаров (Пермский государственный университет)

*Это второе издание осуществлено благодаря
финансовой поддержке ОАО «Рус-Гидро» – «Камская ГЭС»,
руководству которого автор выражает глубокую благодарность.
Права на переиздание книги принадлежат только автору
и Пермскому государственному университету*

ISBN 978-5-7944-1612-1

© Комлев А.М., 2011
© ООО «Алекс-Пресс»

ОГЛАВЛЕНИЕ

К читателю	5
1. Голубые артерии (соавтор Е.А. Черных)	7
1.1. Взглянем на карту	7
1.2. Имена рек	16
2. Жизнь наших рек	19
2.1. Гидрологическая изученность	20
2.1.1. Немного истории	20
2.1.2. Современный этап	24
2.2. Водный режим рек	28
2.2.1. Режим речного стока	28
2.2.2. Колебания водного зеркала	37
2.2.3. Половодья и паводки	38
2.2.4. Скорости течения воды	40
2.2.5. Многолетняя изменчивость речного стока	42
2.3. Ледовый режим рек	47
2.4. Работа текучих вод	54
2.5. Соли камские	59
3. Водные ресурсы	61
3.1. Структура водного баланса	61
3.2. Потенциальные ресурсы	63
3.3. Эксплуатационные ресурсы	66
4. Знать – значит предвидеть	69
4.1. Гидрологические прогнозы	70
4.2. Гидрологические расчеты	82
5. Реки-труженицы	88
5.1. Энергия речного потока	88
5.2. Реки – пути сообщения	95
5.3. Реки – источник жизни	101
5.4. Целительная сила рек	104

6. Качество речных вод (соавтор С.А. Двинских)	109
6.1. Исследования природных факторов формирования качества речных вод	111
6.1.1. Исследования ПГУ	112
6.1.2. Исследования УрЦГМС	118
6.2. Анализ влияния антропогенных факторов	130
6.3. Современная оценка качества речных вод	135
6.4. Главная водная проблема	136
Библиографический список	138
Приложения	140

К ЧИТАТЕЛЮ

Четверть века тому назад тиражом 10 тыс. экземпляров была издана книга А.М. Комлева, Е.А. Черных «Реки Пермской области» [10], которая разошлась мгновенно – настолько был велик интерес массового читателя к нашим рекам. Мы надеемся, что и в настоящее время к рекам – источнику нашей жизни и украшению любого уголка природы интерес не пропал.

Конечно, это уже совсем другая книга. В ней, наряду с традиционной характеристикой особенностей гидрологического режима равнинных и горных рек нашего края и с примерами практического приложения знаний об этом режиме, приведены сведения о структуре водного баланса территории Пермского края, о потенциальных и эксплуатационных ресурсах поверхностных вод, о режиме скоростей течения воды в разные фазы режима рек и др.

Раздел «Реки труженицы» посвящен истории их использования. В разделе «Качество речных вод» дана характеристика работ по исследованию главных природных факторов, формирующих химический состав речных вод, а также современная оценка их качества.

Последняя тема особенно актуальна, поскольку качество воды за последние десятилетия резко ухудшилось в реках не только нашей страны, но и во всего мира. Население нашей планеты стремительно увеличивается, а ее природные ресурсы истощаются. Годовое потребление воды человечеством с 1940 по 1990 г. увеличилось в 4 раза. На сегодняшний день многие миллионы людей испытывают острый дефицит в чистой воде. Ученые предупреждают, что через четверть века ее будет не хватать уже 2/3 населения, поэтому

стратегическим ресурсом в XXI в. будет уже не нефть и не газ, а чистая вода.

Мы всегда гордились обилием водных ресурсов Пермского края, полноводностью наших рек. Как сохранить их чистоту для будущих поколений – очень важная проблема. Каждый читатель должен сделать правильные выводы прежде всего для себя, своего места проживания, участка, на котором он трудится.

Авторы выражают глубокую благодарность своим коллегам и ученикам, оказавшим помощь в подборе материалов для этой книги, а также Е.Г. Бочкаревой и О.В. Ларченко за большой труд при подготовке рукописи к печати.

1. ГОЛУБЫЕ АРТЕРИИ

Сверху

взгляд

*на Россию брось –
рассинелась речками...*

Владимир Маяковский

1.1. Взглянем на карту

К сожалению, большинство из нас, дорогой читатель, не сможет бросить через иллюминатор космического корабля взгляд на нашу пермскую землю. Но мысленно мы все-таки можем обозреть эту землю, глядя на географическую карту. На школьной физической карте Пермского края мы можем ясно увидеть основные контуры речной сети. Прежде всего, это, конечно, наша Кама. Из пределов Кировской области она вступает в наш край достаточно полноводной рекой, текущей на восток, а затем, встретившись с Уральскими горами, устремляется на юг, а от г. Перми – на юго-запад.

Питается р. Кама своими многочисленными притоками. С Северных увалов несут свои воды к Каме такие достаточно крупные реки (длинной 100 км и более), как Весляна, Лупья, Южная Кельтма и Тимшор. Однако гораздо большей водоносностью обладают текущие с западных обильно увлажняемых склонов Урала реки Вишера с Язьвой и Колвой, Яйва и Косьва. И если самым многоводным притоком Камы является р. Вишера (длина 415 км), то самым длинным (592 км) – р. Чусовая с ее крупными притоками Койвой, Усьвой и Сылвой (рис. 1.1). Из левобережных притоков Камы равнинной части Пермского края следует отметить, конечно, р.Тулву, несущую свои воды с Тулвинской возвышенности. Что касается правобережных притоков Камы, берущих начало на Верхнекамской возвышенности, то они, по сравнению с горными, менее полноводны. Более крупными из них являются Коса, Иньва и Обва. На юге края с Тулвинской возвышенности стекают на юг уxo-

дящие в Башкирию реки Сарс, Туй, Быстрый Танып и Буй. Большую часть пути проходит по югу Пермского края и правый приток Камы – р. Сива.

Сколько же рек можно насчитать в пределах Пермского края, глядя на школьную карту? Общее число упомянутых рек и их притоков не превысит и сотни! Для первого знакомства школьнику это достаточно. Но в действительности рек у нас во много раз больше. Сколько же? Гидрологи Пермского гидрометцентра не только подсчитали, но и измерили по крупномасштабным картам длину всех рек протяженностью более 10 км. Их оказалось более 30 тыс. Следовательно, голубыми артериями густо покрыта вся наша пермская земля. И если мы заглянем в листы регионального атласа Пермского края масштаба 1:2000 (2000 г.), то убедимся в том, насколько богат наш край реками, даже не выезжая за пределы г. Перми.

Действительно, в пределах столицы нашего края протекает 73 реки, от самой большой – Камы до самой маленькой речушки длиной 0,58 км с громким названием Байкал [6].

Подавляющее большинство из этого числа составляют малые реки. Малые реки – это какие? Для отнесения рек к категории малых точного критерия не существует. Гидрологи относят к ним водотоки, отличающиеся, в силу влияния ряда местных природных условий, азональным стоком – годовым, максимальным или минимальным. Одним из достаточно широко применяемых критериев разделения рек является размер их водосборной площади. К малым часто относят реки, площадь водосбора которых не превышает 2000 км². Длина их, в зависимости от формы бассейна и его увлажненности, находится в пределах 100-200 км. Реки с водосбором до 50 тыс. км² считаются средними, а более указанной площади – крупными, большими. Есть и более дробное деление рек на очень малые, малые и т.д. С современной точки зрения прежнее отнесение к категории малых всех притоков р. Камы [11] является ошибочным.

В соответствии с различием климата, рельефа и геологии густота речной сети в пределах Пермского края различна. В горах северо-вос-

тока она составляет 0,7-0,8 км/км², а в бассейне р. Сылвы, в связи с распространением карстующихся горных пород, вдвое меньше, т.е. 0,3-0,4 км/км². В приложении 1 приведены основные гидрографические сведения по наиболее крупным рекам края. Из них отмечены водотоки, не полностью протекающие по территории Пермского края. Есть и другие подобные примеры неполного совпадения границ края с водораздельными линиями. Это можно видеть, проследив на карте истоки таких рек, как Весляна, Лопья, Пильва, Косьва.

Следует отметить, что создание водохранилищ привело к существенному изменению естественных гидрографических характеристик наших рек. Длина рек, устьевые участки которых оказались в зоне акватории водохранилищ, уменьшилась, сократилась и их водосборная площадь. В приложении 1 приведены эти изменившиеся значения. Так, например, длина р. Камы за счет ее спрямления в пределах водохранилищ, а также затопления устьевого участка, сократилась на 227 км. Уменьшилась на 14,7 тыс. км² и ее водосборная площадь. Наверное, наиболее «обиженной» оказалась небольшая река Сюзьва, впадавшая справа в Каму ниже г. Краснокамска. Самые крупные нижние притоки Сюзьвы Поломка и Сын впадают теперь в Воткинское водохранилище. В итоге Сюзьва стала короче на 20%, а водосбор ее сократился почти на 60%.

Понятие «устье» для рек, впадающих в водохранилища, стало в значительной степени условным. При наполнении водохранилища его воды заполняют и устья рек, которые становятся заливами. При сработке уровня, река вновь продвигается вниз. Положение теперь уже временных устьев рек изменяется на десятки километров. Так, устье р. Чусовой перемещается на 41 км, Обвы – на 40 км, Яйвы – на 29 км, Иньвы – на 26 км, Косьвы – на 16 км. Отсюда возникли различия в данных о длине рек, публикуемых в разных изданиях.

Читатель, просматривая приложение 1, конечно, обратит внимание на то, что длина р. Тимшор – притока Южной Кельтмы больше самой Кельтмы, а длина Глухой Вильвы – притока р. Язьвы больше, чем сама Язьва. Почему же так? По какому же принципу определяют: какая главная река и какая – ее приток? Здесь, конечно, вновь возникает вопрос

– какая из двух крупных рек Волга или Кама главнее? Признаков для решения «спора» рек в подобных случаях несколько, и в разных случаях решающим оказывается один из них. И, конечно, не длина реки занимает здесь первое место. Чаще за основу берут размер водосборной площади, а еще чаще – водоносность рек. Гидрометрических наблюдений непосредственно выше слияния Волги и Камы нет, а примерная оценка показывает, что водоносность Камы примерно на 2% больше, по водосборной площади Кама меньше. Важное значение имеет и геологический возраст речных долин, а камская долина в месте слияния двух рек древнее. Однако и этот фактор не стал решающим. Решение было принято задолго до нас людьми, населяющими центр европейской части России, где сложилось единое русское государство. Волга и сейчас имеет большое хозяйственное значение. Таким образом, здесь главным оказался исторический фактор как в приведенных выше примерах, так и во многих других случаях (Волга – Ока, Кама – Вишера, Иртыш – Тобол и др.).

Каму – главную реку Пермского края – рассмотрим особо. Начинает свой путь Кама на крайнем северо-востоке Удмуртии в окрестностях села Карпушата слиянием двух ручьев – Камского Ключа и Быструшки. Вскоре она вступает в пределы Кировской области и течет на север по восточной ее окраине среди холмов Верхнекамской возвышенности. Далее, следуя уклону местности, Кама поворачивает на северо-восток и втекает в пределы Пермского края. Средний годовой сток ее составляет здесь от стока у г. Перми 12-13%. Основную свою мощь до подхода к Перми Кама набирает за счет равнинных рек севера края, но главным образом – за счет полноводных левых горных притоков, когда она, встречаясь с Уралом, поворачивает на юг. Затем после г. Перми, постепенно поворачивая на юго-запад, Кама уходит за пределы края, пройдя по нему около половины своего пути. От истоков до устья Кама описывает таким образом фигуру, похожую на вопросительный знак. Получается, что при общей длине Камы около двух тысяч километров, расстояние по прямой от ее истоков до устья составляет всего 445 км, а на участке в районе г. Нытвы до истоков по прямой – менее 100 км.

Геологи считают, что не всегда течение Камы имело такие очертания. В первую половину четвертичного периода, т.е. многие сотни тысяч лет назад, сток верхней части Камы шел далее на север в бассейн р. Вычегды, а ее часть, направляющаяся к Уралу, соединялась с р. Вишерой и далее, наращивая свою мощь, Кама текла вплоть до Каспийского моря. Современная Волга примкнула к Каме уже позже.

Если вновь взглянуть на подробную географическую карту, то можно убедиться, что вдоль рек, как жемчужинки на ниточке, протянулись многочисленные деревни, села, поселки и города. Так и у нас в Пермском крае люди издревле селились по берегам рек, поскольку реки им давали пищу, служили удобным транспортным путем, а часто и защитой от нападения врагов. Русский историк В.О. Ключевский писал: «Издавна дружен с реками русский народ. На реке он оживал и жил с ней душа в душу. Он любил свою реку, никакой другой стихии своей страны не говорил он в песне таких ласковых слов – и было за что».

Вот и о Каме поют песни и слагают стихи поэты, иногда оставшиеся неизвестными. Вот как свою любовь к Каме выразил один из них:

*Селений многочисленных, заводов, городов
Поилица, кормилица за многие века,
Струится величавая средь гор, долин, лесов
Широкая, глубокая красавица река.*

Путеводитель «Кама», 1911

Продолжение этих глубоких чувств мы найдем и в стихах известных поэтов, таких как А. Домнин, В. Каменский, В. Радкевич, А. Решетов, М. Смородинов и др. Отобрана Кама и на полотнах многих художников.

Многократно возросла роль реки Камы в жизни нашего края как важнейшей транспортной магистрали, как источника воды и, конечно, самой дешевой экологически чистой электроэнергии. Каму можно с полным правом назвать центральной осью нашего края. И так будет всегда. И как написал наш пермский поэт Владимир Радкевич:

*Вечно Каме по жизни народа струиться –
В перекличке гудков –
в тихом шуме лесов,
Где ее на рассвете свободные птицы
Прославляют на сотни лесных голосов.*

Географические карты крупного масштаба позволяют получить не только сведения, приведенные в приложении 1, но и многие другие характеристики рек и их водосборных бассейнов. В приложении 2 по данным государственного водного кадастра приведены по ближайшим к устью гидрологическим постам исследуемых рек сведения о средних уклонах их русла, лесистости, распаханности и закарстованности водосборов. За прошедшие после картометрических измерений полвека эти характеристики, конечно, нуждаются в уточнении. Однако и те данные, которые имеются в настоящее время, позволяют выделить основные различия, определяемые комплексом природных условий, в пределах Пермского края.

Прежде всего можно отметить довольно большие отличия средних уклонов русел рек равнинных и горных районов, которые определяют скорости течения воды в реках, а также энергию речных потоков. Несмотря на то, что наш край почти полностью располагается в лесной зоне, различия в залесенности бассейнов севера и юга явно заметны, как и процент распаханых земель. Тот и другой фактор в значительной степени определяют режим речного стока, разное распределение его внутри года.

Для Пермского края характерно широкое распространение карстующихся пород. Карст по-разному может воздействовать на режим стока рек в зависимости от соотношения глубины вреза речных русел и заложения карстующихся пород. Крупные реки, русла которых пререзают карстующиеся толщи горных пород, характеризуются большей естественной зарегулированностью стока воды, большей долей в нем подземного питания. Наоборот, небольшие реки, вследствие поглощения влаги карстовыми полостями, залегающими глубже вреза их русел, часто отличаются пониженной величиной стока, слабым подземным

питанием или полным пересыханием русел летом и зимой. Кроме того, в связи с несовпадением границ поверхностного и подземного водосбора наблюдаются случаи и повышения стока одних малых рек за счет других. Нередки случаи пересыхания в межень русел малых рек лишь на отдельных участках вследствие поглощения вод карстовыми полостями и выхода их в русло ниже по течению. В частности, это отмечено на реках Вижай, Язьва, Губашка, Сухой Кизел, Молмыс, Нырок.

На многих реках, особенно в южной части края, возникли искусственные водоемы – пруды, а позже на больших водотоках появились водохранилища. По научной классификации искусственных водоемов ряд наших крупных прудов, созданных еще более двухсот лет назад, могут быть отнесены к классу водохранилищ. В табл.1.1 приведены основные сведения о водоемах этого класса, существующих в нашем крае, а на рис. 1.2 – схема каскада камских водохранилищ.

Таблица 1.1

Основные характеристики водохранилищ Пермского края

Река	Наименование водохранилища	Год ввода в эксплуатацию	Полная емкость, млн м ³	Площадь зеркала при полной емкости, км ²
Кама	Камское	1954	12200	1910
Кама	Воткинское	1961	9360	1120
Косьва	Широковское	1948	526	40,8
Лысьва	Лысьвенское	1785	26,6	5,75
Нытва	Нытвенское	1756	19,4	9,01
Очер	Очерское	1761	18,7	6,77

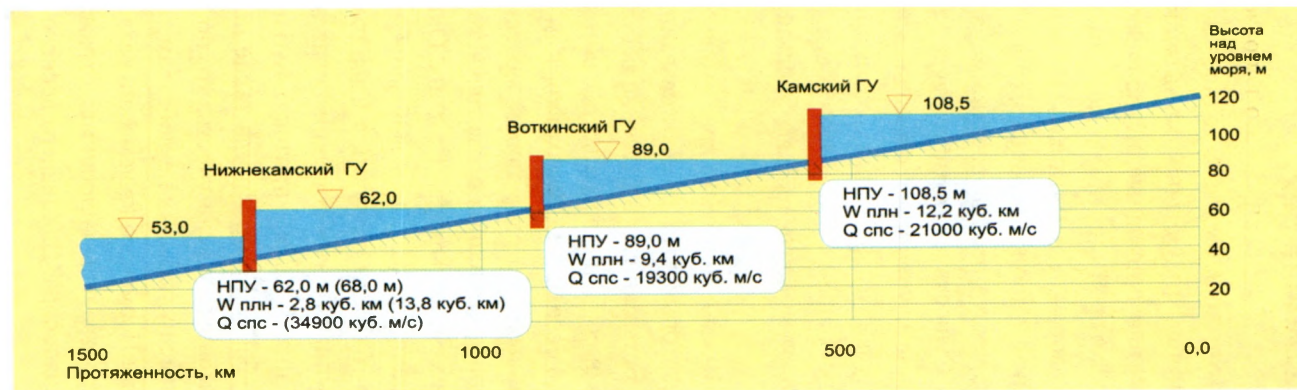


Рис. 1.2. Профиль камского каскада водохранилищ:

НПУ – нормальный подпорный уровень;

Wплн – полный объем воды в водохранилище;

Qспс – пропускная способность гидроузла

1.2. Имена рек

Большинству рек Пермского края имя или точнее название, дано задолго до нас коренными жителями. Обычно эти названия отражают какие-либо черты самих рек, или природные, исторические и другие особенности территории, по которой они протекают. Это своего рода «визитные карточки» или «говорящие памятники». Не заменяя изучение режима рек только анализом происхождения их названия, гидрологи тем не менее всегда стараются расшифровать имена рек, понять заключенный в них смысл. Существует отрасль науки, топонимика, которая занимается специально изучением географических названий. А ее раздел (гидронимия) изучает имена водных объектов – гидронимы. Изучением гидронимов в нашем крае, в частности, занимались Ю.Г. Вылежнев, А.С. Кривошекова-Гантман, В.А. Оборин, Н.И. Нешатаев, С.Ф. Николаев.

Среди рек длиной более 10 км в Пермском крае около 50 не имеют официального названия, а некоторые из них имеют названия: Безымянка (в бассейне р. Весляны), Безымянная (в бассейне р.Тулвы). Много рек имеют одинаковые названия. Чаще всего встречаются Березовки – 21 река, Черные реки – 16, Россохи – 12, Ольховки, Каменки, Талые – по 18, Вильвы – 6. Среди малых водотоков длиной менее 10 км таких повторов еще больше. Название ряда наших рек встречается и в других районах России: Кама – в бассейнах Ангары, Иртыша, Оки. Названия Белая находим в бассейнах наших рек Вишеры, Обвы и Сюзьвы, у девяти рек Кировской области (бассейн р.Вятки), в Свердловской (верховья р.Чусовой). Среди крупных – это, конечно, Белая в Башкирии – приток р. Камы и в Республике Адыгея – приток р. Кубани; Вишера, Колва, Щугор есть и в республике Коми. Иногда такие повторы приводят к курьезам и недоразумениям, а если учесть, что по именам рек называются часто и населенные пункты, – к неудобствам.

По характеру названий реки Пермского края можно разделить на несколько групп. Широко распространены гидронимы, отражающие особенности природы речного водосбора. Для нашего лесного края харак-

терны названия: Сосновка, Еловка, Пихтовка, Березовка и т.д. В районах распространения карстующихся пород встречаются: Дыроватиха, Беззая, Нырок, Кыс-юр (сухое русло), Суходол, Воронка, Сухая и т.д. Особенно много в Пермском крае названий, оканчивающихся на «ва», что на языке коми означает «река» или «вода». Корни таких слов означают режим реки или качество ее вод, тип питания: Обва-снежная, Сылва-таялая, Косьва-каменная, Чусовая-быстрая, Пожва-мутная, Кува-мертвая.

В именах наших рек часто можно найти и их положение в речной системе. Так, у притоков встречаются уменьшительные названия: Бым-Бымок, Нюр-Нюрок. Для одноименных притоков используются уточняющие характеристики: Правый-Левый, Верхний-Средний-Нижний, Первый-Второй-Третий, Большой-Малый, Северный-Южный, Западный-Восточный. Названия рек отражают и характер русла (Кривая, Кривец, Кривчанка) и направление течения (Северный и Полуденный Кондас, Правая и Левая Рассоха), а также размеры рек, их глубины (Малая, Большая, Глубокая, Бродовая) и характер течения (Быстрая, Гремучая, Кызя – играющая через камни). Сразу же говорят о качестве воды в реке такие названия, как Мутная, Чернец, Белая, Рассольная, о характере питания (Озерная, Болотная, Гнилуха), о зимнем режиме (Талая, Мерзлая). Немало у нас рек, носящих названия различных животных, например: Галка, Голубок, Сова, Оса, Муравей, Крот, Сом, Язь. А названия Бандероль, Барабан, Куколка, Бадья, Кринка, Чулок, Чулан вызывают у нас улыбку. В некоторых случаях народные названия рек лишь частично отражают особенности режима рек. Например, р.Сухая, конечно, не всегда такой бывает, а только в межень, иначе и рекой бы она не называлась.

Интересует происхождение названий наших рек и поэтов.

Так, гость Прикамья азербайджанский поэт Садыг Фикрет в стихотворении «Между Лысьвой и Косьвой» пишет:

*...Дорога капризна: то спуск, то подъем.
Леса зеленеют от края до края.
И тихо поют нам о чем-то своем...
Косьва – каменная река, Лысьва – река лесная.*

Поэт Алексей Домнин поет «Песню о Лебединой реке»:

*Реченька Юсьва – река Лебединая,
Родина милая, родина светлая...*

С некоторыми из наших рек связаны интересные легенды народов Прикамья, объясняющие происхождение их названий. Так, слово «Кама» некоторые связывают с именем легендарного Кома или Кама, который выступал то богатырем-защитником, то вождем и предводителем народа Коми, то добрым божеством, охраняющим земли пермяков, то злым волшебником и колдуном. У жителей прибрежных сел в низовьях Камы есть и другие версии происхождения ее имени. Как бы то ни было, Кама – короткое, звучное, красивое слово, которое пришлось по душе всем населяющим ее берега народам.

Основные сведения о реках Пермского края длиной 10 и более км можно найти в изданиях государственного водного кадастра [17, 20].

2. ЖИЗНЬ НАШИХ РЕК

Пульсирует в ручьях

и океанах

Вода – живая кровь материков.

Егор Исаев

Одним из великих «чудес света» на Земле является непрерывный круговорот воды и важнейшим звеном этого влагооборота является сток. Основная часть стекающих по уклонам вод попадает в реки, питая их, как правило, в течение всего года. Вода в реке отличается большой подвижностью и постоянно возобновляется, что и делает реки самым важным источником водоснабжения. А движение – это жизнь, поэтому мы и говорим о жизни рек, точнее, об их режиме. Сравнение нашей жизни с жизнью рек можно часто встретить и в произведениях художественной литературы. «Люди, как реки, – писал А.Н. Толстой, – ... каждая река бывает то узкая, то широкая, то быстрая, то тихая, то чистая, то мутная, то теплая, то холодная. Так и люди». А.С. Пушкин сравнивал реку Неву, в период памятного наводнения, то с мечущимся больным человеком, то с остервенелым зверем. Свирепым молодым зверем назвал он и кавказскую реку Терек. М.Ю. Лермонтов, наблюдая Терек в верховьях и низовьях, назвал его то злобным, то лукавым. То злой, то доброй считал нашу Каму и пермский поэт Алексей Решетов.

У рек выделяют очень много различных характеристик режима, в частности количество протекающей в них воды, которое выражается в м³/с и называется *расходом воды*. От изменения во времени расходов воды зависит и изменение ее уровня. Однако колебания уровня воды происходят и от других причин, или факторов, природных и создаваемых человеком, поэтому самостоятельно анализируется уровенный режим рек.

В течение года речная вода изменяет свою температуру, минерализацию и мутность. В наших климатических условиях важными характеристиками жизни рек является ледовый режим рек, характер и сроки

осеннего ледообразования, ледостава и весеннего вскрытия. Кратко рассмотрим особенности жизни рек, особое внимание уделив вопросу о том, когда началось изучение режима рек и насколько наши реки в этом отношении изучены.

2.1. Гидрологическая изученность

2.1.1. Немного истории

Живя на берегу реки, человек не мог не изучать особенности ее режима, поскольку от этого во многом (а иногда и целиком) зависела его жизнь. Поэтому о времени начала изучения режима рек говорить бессмысленно. Важнее узнать, когда начались регулярные гидрологические измерения, наблюдения. Наиболее древние наблюдения за колебаниями уровней воды были начаты за две тысячи лет до нашей эры в так называемых речных цивилизациях, располагающихся по берегам Нила, Евфрата, Тигра, Инда, Хуанхе, где урожай на пойменных землях целиком зависел от высоты и продолжительности паводков. На р. Нил до сих пор сохранились водомерные устройства – ниломеры, наблюдения на которых доверялись только жрецам.

В пределах современной России следы о наблюдениях на реках европейской ее части находят с XII в., в том числе о наблюдениях за уровнем воды и ледовыми явлениями в старинных церковных летописях, других архивных документах. Однако в них обычно фиксировались лишь выдающиеся явления (очень высокое половодье, очень низкие уровни, ледяной затор и т.д.). Иногда о таких событиях оставались более вещественные памятники. Гидрологам известна, например, надпись на арке покровской церкви в г. Тобольске. Не надписью, а целым стихом, которым и отмечена максимальная высота половодья 1784 г. на р. Иртыш:

*...В прежние года, хотя вода и разливалась,
Но церковь вся сия сухою оставалась,
А сей воды разлив мочил весь низ
И только выше сих стихов был сух карниз...*

В нашем Пермском крае более скромный гидрологический памятник, после наводнения на р. Каме в 1810 г., был установлен в стене Спасо-Преображенской церкви в г. Усолье в виде чугунной доски с надписью и линией: «Весною 1810-го года возвышалась вода до означенной линии».

Начало систематических наблюдений за уровнями воды российских рек было положено в XVII в. Например, сведения об изменениях уровня воды в р. Москве обнаружены в «Дневальных записях Приказа тайных дел». В 1715 г. на р. Неве у Петропавловской крепости был открыт первый водомерный пост, дошедший до наших времен.

Река Кама по всей ее судоходной части от г. Дедюхина (район нынешнего Соликамска) и до устья обследовалась в начале XIX в. Измерялись глубины, описывались берега, организовывались наблюдения за уровнями воды в период открытого русла. Первый водомерный пост на Каме у г. Дедюхина был открыт в 1826 г., у Чусовского залива – в 1854 г. и у г. Перми – в 1857 г. Однако результаты наблюдений на этих постах позднее были забракованы, так как не были приведены к единым высотам. В конце XIX и начале XX вв. обследуется как возможный судоходный путь и р. Вишера.

В широком масштабе регулярные наблюдения за уровнями и ледовым режимом рек начались лишь во второй половине XIX в., когда организованной в 1849 г. Главной физической обсерваторией (сейчас Главная геофизическая обсерватория в Санкт-Петербурге) началось развитие сети метеорологических станций, в программу работы которых включались и эти наблюдения.

Все больший интерес в это время стали представлять такие сведения по судоходным рекам, поэтому Министерством путей сообщения в 1874 г. была организована Навигационно-описная комиссия. Именно ее подразделениями были в 1876-1882 гг. открыты водомерные посты и в Пермском крае на реках Каме и Чусовой. Некоторые из них функционируют и по настоящее время. Детальным изучением малых рек, главным образом в сильно заболоченных или засушливых районах, занялся Гидрологический комитет, созданный Главным управлением земледелия и землеустройства в 1908 г.

Регулярные многолетние наблюдения за режимом рек, осуществляемые в конкретном пункте, дают наиболее ценные сведения о характере этого режима, которые необходимы для проектирования и эксплуатации самых различных сооружений, связанных с реками. Вместе с тем требуется их изучение на всем протяжении от истоков до устья, что обычно делают специальные экспедиции. Однако отметим, что задолго до этих экспедиций безвестные следопыты проплыли тысячи километров вдоль рек, исходили по их берегам, наблюдая, запоминая, записывая. Нельзя соорудить небольшую плотину и построить водяную мельницу, не изучив «нрав» реки, не выбрав нужное место для этого строительства, не определив его масштабы. Гораздо сложнее оказалось создать большой пруд и построить силовые установки для развивающейся в XVIII в. металлургической промышленности на Урале. Не всегда все удавалось. При неправильной оценке максимальных расходов воды плотины прорывало и их восстанавливали, учитывая горький урок. Так, плотина ныне существующего Нытвенского водохранилища в 1759 г., когда работы по завершению ее строительства подходили к концу, была размыта половодьем. Через три года она была вновь разрушена внешними водами [19]. Так накапливался опыт мастеров водного дела, имена большинства из них, видимо, навсегда затерялись в архивах и исчезли из памяти людской.

В России сохранилось с тех давних пор лишь имя выдающегося мастера-самоучки купца Михаила Ивановича Сердюкова (1677-1754) создателя Вышневолоцкого водного пути и комплекса гидротехнических сооружений в районе Вышнего Волочка, впервые в мире осуществившего регулирование стока для функционирования этого пути. М.И. Сердюков, завершив грандиозное по тем временам сооружение, соединил на Валдайском водоразделе реки Балтийского и Черного морей, т.е. решил ту задачу, с которой не могли справиться приглашенные Петром I голландцы и шлюзные мастера Венеции.

Попытки соединения речных систем для создания удобного водного пути известны с давних времен. Особенно больших масштабов они достигли в эпоху Петра I – этого великого реформатора. След осуществления подобных работ сохранился и в нашем Пермском крае. В 1720 г. на

Урал для реконструкции старых и постройки новых заводов был послан В.Н. Татищев – историк и географ, государственный деятель, один из образованнейших людей своего времени. В 1721 г. он предложил проект канала для соединения бассейнов рек Вычегды и Камы с целью доставки металла уральских заводов в г. Архангельск и далее на экспорт. Местом строительства был выбран ранее существовавший волок между верховьями р. Северная Кельтма – приток р. Вычегды и впадающей в Каму р. Южная Кельтма. Предложение это после смерти Петра I было надолго забыто, и проект канала был составлен только в 1785 г. Строительство его, длившееся с перерывами, было завершено лишь в 1822 г. Канал, получивший название Северо-Екатерининский, имел длину 17 км и ширину по дну около 8 м. На нем было сооружено три однокамерных деревянных шлюза длиной по 30 м каждый. Однако мелководье соединенных каналом рек, падение спроса на уральское железо и ряд других причин быстро привели к снижению грузопотока через канал. Поэтому в 1838 г. канал был официально закрыт, хотя как единственный путь сообщения и товарообмена в этом районе он существовал еще долгое время. Как рассказывал лет 25 назад один из выдающихся певцов природы нашего края М.А. Заплатин, канал хорошо просматривался с вертолета. Память об этом водном пути сохранилась и в названии населенного пункта Канава в верховьях Северной Кельтмы.

Помимо давнего использования водного пути через волок между двумя Кельтмами существовал ряд других аналогичных путей между бассейнами рек Камы и Печоры, по которым происходил обмен товарами юга и севера. Подробнее об этом можно узнать из обзора литературы по данной теме, сделанного доцентом Пермского государственного университета Ю.В. Власовым [3].

Другим, долго использовавшимся водным путем была в Пермском крае р. Чусовая, по которой до прокладки железной дороги шел основной грузопоток из Зауралья. Путь этот был чрезвычайно опасен из-за большой скорости течения воды в реке, наличия порогов и выступающих в русло береговых скал – бойцов (с бешеным зверем сравнивал Чусовую писатель Д.Н. Мамин-Сибиряк в очерке «Бойцы»). Немало барок с металлом и оружием, сплавлявшихся на волне половодья, гиб-

ло, но большая их часть успешно преодолевала эти преграды и все благодаря изучению рек и опыту умелых лоцманов-сплавщиков. Вот как оценил их труд один из крупнейших русских гидрологов-русловиков В.М. Лохтин в своей первой печатной работе «Река Чусовая» (1878): «Теорию сплава создает безграмотный или полуграмотный сплавщик с помощью тонкой своей наблюдательности... и того глубокого понимания явлений природы, которыми так щедро одарены русские люди... Вот уже с полной уверенностью можно сказать, что ни на одной реке специалисты не изучили так точно распределение и течение воды, как изучили его сплавщики для своего дела».

Русское правительство и в начале XX в. не оставляло мысли о создании водного пути через р. Чусовую между речными системами Камы и Иртыша. Было создано Управление Камско-Иртышского водного пути, экспедиция которого работала на Чусовой в 1910-1914 гг. О серьезности планов создания водной магистрали от центра России до оз. Байкал говорили масштабы экспедиционных работ. Так, по проекту Кама – Иртыш р.Чусовая с притоками, Исеть и Тобол были исследованы на протяжении 300 верст, на них работало 52 водомерных поста и 9 гидрометрических станций. В план реализации проекта входило прорытие канала длиной 4,5 версты, а также улучшение судоходных условий по указанным рекам. В те же годы работала крупная экспедиция по изысканию путей соединения систем рек Оби и Енисея. В ее составе работало 11 инженеров, 30 техников и 250 рабочих. Возглавлял экспедицию ставший позднее крупным ученым-гидрологом профессор Е.В. Близняк [23].

Но в конечном итоге решило проблему – прокладка железной дороги.

2.1.2. Современный этап

После Великой Октябрьской социалистической революции и гражданской войны советское правительство поставило задачу быстрого восстановления и дальнейшего интенсивного развития хозяйства страны. Для обеспечения водой промышленности, земледелия и скотовод-

ства, развития водного транспорта, строительства электростанций по плану ГОЭЛРО необходимо было комплексное исследование водных ресурсов. В 1919 г. создается для этой цели Российский (позднее Государственный) гидрологический институт, который разрабатывает программу этого исследования, начинает подготовку к изданию свода всех сведений о гидрологическом режиме водных объектов, получившего название Государственный водный кадастр. Это многотомное издание завершилось к началу Великой Отечественной войны.

Исследование водных объектов стало проводиться по двум направлениям. Первое и главное – это организация непрерывных гидрологических наблюдений на определенных водных объектах и в постоянном пункте для накопления сведений об их режиме. Гидрологические посты на реках Пермского края организуются первоначально различными проектными организациями. Позднее в 1929 г. создается Гидрометеорологический комитет (в настоящее время Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – Росгидромет), который приступает к дальнейшему развитию сети стационарных гидрологических и метеорологических наблюдений по единой программе и методике. С 1936 г. началось ежегодное издание для широкого использования информации о режиме водных объектов – гидрологических ежегодников.

В послевоенный период происходило дальнейшее развитие сети гидрологических постов. В нашем крае число постов первого разряда, производящих в разное время измерения расходов воды превысило к началу 80-х гг. сотню. В стране началось издание по более обширной программе второго Государственного водного кадастра. По отдельным регионам, в том числе по бассейнам рек Камы и Тобола, стали выходить части этого кадастра («Гидрологическая изученность», «Основные гидрологические характеристики»), включающие результаты наблюдений за предшествующие годы и завершающий том этого кадастра – «Ресурсы поверхностных вод СССР» [20]. В нем обобщена вся накопленная информация и разработаны методы приближенной оценки гидрологического режима неизученных рек. Эти материалы

служат нам до сих пор, ибо задуманного в конце 70-х годов третьего Государственного водного кадастра, еще более совершенного, потребители гидрологической информации, в связи с печальной «перестройкой», так и не дождались. Число гидрологических постов в стране резко сократилось (рис. 2.1). Результаты наблюдений на них не издаются, что серьезно затрудняет работу проектных организаций и выполнение учебно-методических и научных исследований.

Далее расскажем о втором направлении исследования водных объектов – гидрологических экспедициях.

Для каждой экспедиции того или иного ведомства ставится конкретная задача по исследованию конкретной реки для выяснения возможностей ее использования в транспортных, энергетических и других целях. В 20-30-х гг. XX в. советское правительство вновь вернулось к созданию водного пути вдоль западных склонов Урала для транспортировки различных грузов. Намечалось строительство ряда водохранилищ в верховьях Камы и Печоры, прокладка каналов между ними. С этой целью в 1927-1930 гг. работала экспедиция Управления речных путей Камского бассейна по изысканию вариантов Камско-Печорского водного пути. Исследования Камы, Вишеры и ряда других рек, уже не связанные с указанной проблемой, продолжались и все последующие годы.

Важной задачей в 30-40-е гг. XX в. являлась оценка гидроэнергетического потенциала рек нашего края. Поэтому в течение многих лет работают здесь экспедиции Ленгидепа (Ленинградского отделения института Гидропроект). В частности, ими велись исследования к проектам Соликамской, Пермской и Воткинской ГЭС на Каме и изучались с аналогичной целью реки Яйва, Косьва, Сылва и Ирень. Для проекта Понышской ГЭС на р. Чусовой в 1957-1958 гг. работает экспедиция института Гидропроект, институты Гипролестранс и Гипролеспром исследуют в 50-х гг. XX в. многие другие реки Пермского края для организации по ним транспортировки древесины.

Очень большую работу по изучению наших рек с целью оценки возможностей их использования в хозяйственных целях выполнило в 40-50-х гг. Уральское управление гидрометеорологической службы. Для

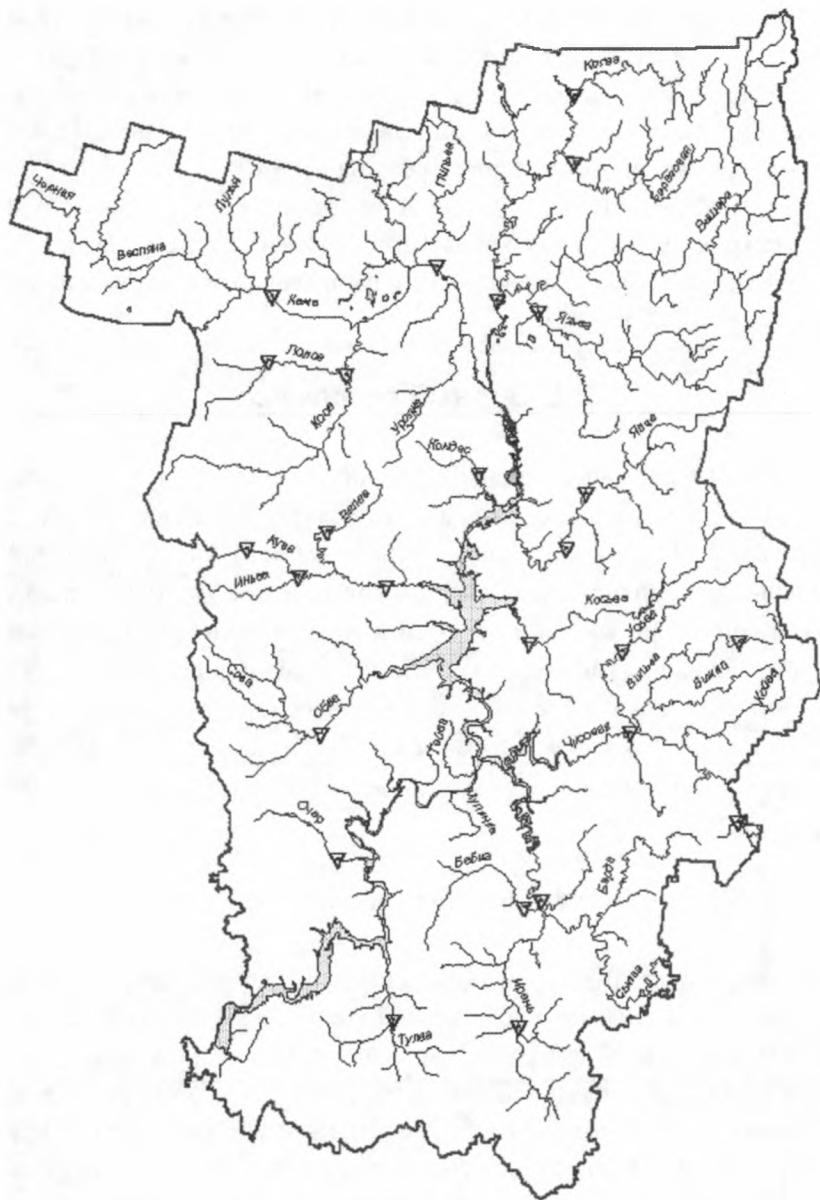


Рис. 2.1. Сеть пунктов наблюдений за стоком рек по состоянию на 2010 г.

этой цели организовывались специальные экспедиции по гидрографическому исследованию рек почти на всем их протяжении. При этом определялись длина реки площадь и средняя высота ее водосбора, оценивался средний уклон русла, описывался характер долины и берегов, выявлялись особенности водного режима и т.д.

Материалы таких исследований по рекам Косьюе, Обве, Усьве, Лысьве хранятся в фондах Уральского УГМС, а по рекам Иргина, Тулва, Сарс, Тую и Сива их можно найти в справочнике «Ресурсы поверхностных вод СССР» [21].

2.2. Водный режим рек

Древний философ Гераклит Эфесский сказал, что нельзя дважды перейти одну и ту же реку, потому что тебя будут омыwać все новые и новые воды. И это верно. В речной системе постоянно происходит обновление вод вновь и вновь выпадающими атмосферными осадками. Это изменение во времени объемов и уровней воды в реках, а также скорости течения этой воды мы и называем водным режимом.

У каждой реки есть свои специфические черты режима, рек-близнецов нет. Но в то же время мы находим массу признаков водного режима, близких рекам того или иного района, ландшафта. Чем же определяется этот режим?

2.2.1. Режим речного стока

Главным показателем, отличающим одну реку от другой, является ее *водоносность*, т.е. среднее многолетнее количество воды, которое в ней протекает за год. Это количество выражается несколькими значениями. Чаще всего водоносность, как уже было отмечено выше, оценивается *расходом воды* Q , т.е. ее количеством (обычно в м^3) протекающим через поперечное сечение потока в одну секунду. Средний расход воды ($Q \text{ м}^3/\text{с}$) за заданный интервал времени определяют путем деления общего *объема стока* (W) на продолжительность (T) этого интервала $Q = W/\text{Тсек}$. Следовательно, реки можно сравнивать как по

среднему годовому объему стока, так и по среднему расходу воды. Эти показатели используются и при оценке ресурсов поверхностных вод.

Расходы воды в реках определяются двумя главными факторами: количеством воды, стекающей с водосборной площади реки (или ее бассейна), и размерами этой площади (A км²). Поэтому важной оценкой водоносности реки является и расход воды, стекающей с единицы этой площади. Это относительная величина речного стока получила название *модуль стока* (q), т.е. количество воды, стекающее с единицы площади в единицу времени. Количество воды для удобства в этом случае выражается в литрах, а площадь водосбора – в квадратных километрах. Следовательно, модуль стока

$$q = \frac{Q * 10^3}{A}, \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$$

Делением объема стока W на площадь водосбора A получаем еще одну важную характеристику – *слой стока* Умм. Эта характеристика незаменима при изучении и оценке структуры водного баланса речного бассейна, т.е. сопоставления слоя стока со слоем атмосферных осадков X мм и суммарного испарения E мм. В среднем за многолетний период величина слоя годового стока реки выражается таким образом уравнением $Y = X - E$, мм.

Таковы количественные характеристики водоносности рек, которые отражают величину водных ресурсов. Водные ресурсы или, точнее, ресурсы поверхностных вод, в отличие от других природных ресурсов, не стабильны, т.е. отличаются, как уже отмечено выше, очень большой изменчивостью во времени.

Прежде всего, следует рассмотреть изменчивость стока рек внутри календарного года, определяемую в естественных условиях изменчивостью климатических факторов – атмосферных осадков и температуры воздуха. Для рек Пермского края характерными чертами их водного режима являются: весеннее *половодье*, формируемое талыми водами, летне-осенние дождевые *паводки*, летне-осенняя *межень* и устойчивая зимняя *межень* с наиболее низкими расходами воды.

Следовательно, расходы воды в реках от сезона к сезону сильно меняются в связи с изменениями количества воды, поступаю-

шей в них с водосборной площади. Значительное влияние на внутри-годовое распределение стока оказывает и регулирующая роль речного бассейна. Рассмотрим эти особенности водного режима на примерах ряда различных рек (рис. 2.2).

Относительно невысокой долей наиболее полноводного месяца мая, а также высоким летне-осенним стоком отличаются реки Весляна и Вишера, однако причины такого распределения стока во многом различны. Высокая естественная зарегулированность стока р. Весляны обусловлена плоским рельефом, большой залесенностью водосбора, а также значительным распространением песчаных почв. В бассейне Вишеры на весенний сток оказывает влияние разновременность процессов снеготаяния в разных высотных зонах бассейна, а в летне-осенний период относительно высокие расходы воды формируются обильными дождями. Значительное влияние на регулирование стока здесь оказывает карст, проявление которого зафиксировано на 40% водосборной площади.

В равнинном бассейне Верхней Камы, а также в небольшом горном бассейне р. Койвы распределение стока в году примерно такое же, как у Весляны и Вишеры, однако воздействие указанных выше факторов проявляется здесь в меньшей степени, поэтому выше сток рек в мае и ниже относительная величина стока летом и осенью.

Как видно из рис.2.2, резко различается внутригодовое распределение стока рек Обвы и Ирени. Бассейн Ирени в значительной степени закарстован и эта река отличается поэтому высокой естественной зарегулированностью стока. Что касается р. Обвы, то она является достаточно типичной рекой равнинной части юга Пермского края. Снега здесь выпадает меньше, чем на севере, однако при незначительной залесенности территории он стает быстрее, формируя относительно высокую волну весеннего половодья. Способствует этому и широкое распространение суглинистых почв, снижающих потери вешних вод на фильтрацию. Количество осадков летне-осеннего сезона в этой части края значительно меньше, а их потеря на испарение – наоборот. И как следствие – низкий сток рек в этот сезон. Особенности распределения стока рек Пермского края по сезонам в генерализованном виде представлены в табл. 2.1.

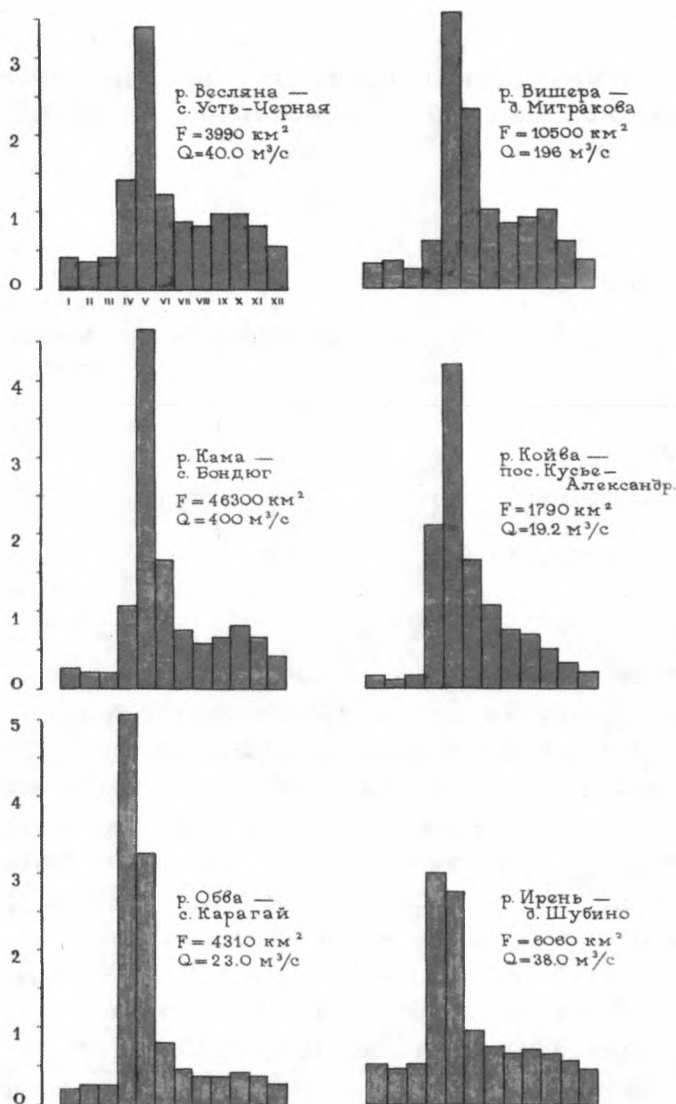


Рис. 2.2. Средние месячные расходы воды в долях от среднего годового:

F — площадь водосборного бассейна,
 Q — средний годовой расход воды

Среднее распределение годового стока по гидрологическим сезонам и источники питания рек Пермского края, % [21]

Территория	Сезоны			Источники питания	
	весен- нее поло- водье	лето – осень	зима	талые снего- вые воды	дож- девые воды
Горный Урал	60	30	10	70	30
Равнина – лесная зона	65	25	10	75	25
Равнина – лесостепная зона	72	20	8	85	15

Естественно, что в пределах указанных территорий наблюдаются некоторые отклонения от средних величин как в пространстве, так и во времени. Кроме того, может отличаться от этих величин распределение стока по малым рекам. Особенно характерна для них меньшая доля зимнего стока. Как правило, естественная зарегулированность стока прямо зависит от размеров водосборной площади рек. Значительное влияние на эти процессы оказывают и другие естественные факторы, такие как геологическое строение водосбора, характер растительности, механический состав почв и др.

В табл. 2.2, по данным справочника [21], а также по материалам кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов ПГУ, для ряда исследуемых рек Пермского края, приведены сведения о средних годовых расходах воды и дано сопоставление с этими расходами экстремальных характеристик стока половодий, дождевых паводков и зимней межени. Эти характеристики даны с обеспеченностью в 3 и 97%, т.е. с вероятной повторяемостью три раза в столетие приведенные максимумы стока могут быть превышены, а минимумы трижды могут быть ниже.

Средние и экстремальные характеристики стока некоторых рек Пермского края

Река – пункт	Пло- щадь бассей- на, км²	Сред- няя высота бассей- на, м	Сред- ний годовой расход, Q _г , м³/с	Макс.расход весеннего половодья Q _п , м³/с, 3%		Макс. расход дождевых паводков Q _д , м³/с, 3%		Минимум зимний среднемесячный Q _{мин} , м³/с, 97%	
				Q _п	Q _п /Q _г	Q _д	Q _д /Q _г	Q _{мин}	Q _{мин} /Q _г
Горные реки									
Вишера – д.Митракова	10500	446	196	2620	13,4	1170	6,00	27,3	0,14
Вишера – пос.Рябинино	30900	322	485	5430	11,2	1810	3,73	58,7	0,12
Кутим – д.Кутим	504	598	11,2	175	15,6	200	17,9	1,11	0,10
Яйва – с.Подслудное	5060	330	82,0	1000	12,2	-	-	8,10	0,10
Косьва – с.Троицкое	2950	528	50,2	1200	23,9	710	14,1	2,21	0,04
Чусовая – пос.Кын	10400	362	71,0	1440	20,3	-	-	4,99	0,07
Чусовая – пос.Лямино	21500	387	218	3530	16,2	2110	9,68	16,8	0,08
Койва – д.Федотовка	1270	395	15,0	366	24,4	215	14,3	0,75	0,05
Усьва – пос.Усьва	2170	456	31,2	651	20,9	435	13,9	1,65	0,05
Вильва – корд. Узкий	2840	398	39,1	853	21,8	410	10,5	1,90	0,05
Реки равнины и предгорий									
Кама – пос.Гайны	27400	203	221	2280	10,3	980	4,43	26,0	0,12
Весляна – д.Жулева	7100	194	66,5	772	11,6	420	6,32	13,5	0,20
Коса – с.Коса	6340	186	40,8	710	17,4	-	-	2,09	0,05
Пильва – д.Усть-Кайб	1870	176	17,6	225	12,8	-	-	3,18	0,18
Колва – д.Петрецова	2830	274	37,6	680	18,1	265	7,05	3,68	0,10
Колва – д.Подбобыка	10800	245	128	1720	13,4	690	5,39	11,9	0,09
Березовая – д.Булдырья	3030	300	45,0	800	17,8	385	8,56	6,36	0,14
Вишерка – д.Фадино	2950	180	29,8	358	12,0	86,5	2,90	2,86	0,10
Кондас – с.Ощепково	896	161	7,05	175	24,8	95,2	13,5	0,24	0,03
Иньва – г.Кудымкар	2050	209	11,5	324	28,2	190	16,5	0,98	0,08
Кува – с.Кува	278	234	1,87	101	54,0	91,8	49,1	0,03	0,02
Велва – д.Ошиб	836	188	6,10	118	19,3	81,5	13,4	0,20	0,03
Обва – с.Карагай	4310	197	23,0	810	35,2	305	13,3	1,59	0,07
Сылва – пос.Суксун	6420	296	55,5	976	17,6	555	10,0	7,06	0,13
Сылва – с.Подкаменное	19700	227	144	2280	15,8	800	5,56	25,6	0,18
Барда – д.Петилова	1910	247	21,9	382	17,4	-	-	2,48	0,11
Ирень – д.Шубино	6060	233	38,0	616	16,2	170	4,47	9,70	0,26
Бабка – д.Балалы	1980	237	13,6	335	24,6	180	13,2	0,85	0,06
Тулва – с.Барда	1890	216	14,5	730	50,3	90	6,20	1,89	0,13
Быстрый Танып – г. Чернушка	667	199	(5,45)	234	49,9	49,3	9,05	0,57	0,10

Анализ приведенных в табл.2.2 данных еще раз показывает, что во внутригодовой изменчивости стока рек Пермского края имеются большие различия. Так, максимальный расход половодья Q_p превышает средний годовой расход Q_g то в 10, то в 50 раз. В чем же причина этого различия? Прежде всего, как указано выше, в размерах водосбора рек, являющегося регулятором их стока. Однако немалую роль играют в этом процессе и другие факторы. Например, сравнительно небольшое соотношение Q_p/Q_g в бассейне Вишеры и Яйвы может быть объяснено влиянием выше указанных факторов зарегулированности стока. Относительно небольшое превышение Q_p над Q_g у равнинных рек северной части края (Верхняя Кама, Весляна, Пильва) обусловлено большой залесенностью водосборов этих рек, а также очень малой расчлененностью рельефа, малыми уклонами, а также распространением песчаных почв. Все эти факторы способствуют снижению поверхностного стока и повышению грунтового.

Значительное превышение максимумов половодья над среднегодовым расходом воды наблюдается на более южных реках края, таких как Иньва и Обва, что, очевидно, связано с меньшей залесенностью водосборов этих рек, а также значительной расчлененностью территории в их верховьях, расположенных на Верхнекамской возвышенности. Наибольших же пределов соотношение Q_p/Q_g мы видим по рекам Кува, Тулва и Быстрый Танып. По двум последним это можно объяснить еще меньшей залесенностью водосборов и большой расчлененностью рельефа, а значит, и большими уклонами Тулвинской возвышенности.

Интересную «загадку» нам задают притоки р. Иньва – Кува и Велва. Водосборы обеих этих рек невелики, и главными факторами резкого различия в зарегулированности их стока выступают вновь степень залесенности водосборов и расчлененность рельефа. Так, лесистость бассейна р. Кува составляет, по данным Государственного водного кадастра, 48%, а р. Велва – 85%. Средневзвешенный уклон русел этих рек соответственно составляет 4,5 и 0,4% (или падение русла 4,5 и 0,4 м/км). Уклон русла в верхней части р. Велва, где предполагается гидрологический пост, не характерен для равнинных рек

Пермского края со средними уклонами в 0,5-1,5%. Кува здесь практически полугорная река.

Далее интересно рассмотреть различия между максимальным расходом половодья Q_p и дождевым максимумом Q_d . Как видно из приведенных выше данных (табл.2.2), первые почти по всем рекам значительно выше вторых. Исключение составляет горная р. Кутим (бассейн р. Вишера). Близки по значению оба максимума и по р. Кува. В обоих случаях это малые водосборы, вероятность полного охвата которых ливневым фронтом намного больше. В пределах обширных водосборов ливневые фронты одновременно охватывают лишь небольшую их часть, поэтому, несмотря на то, что поступление влаги на единицу площади при интенсивном ливне может быть на порядок выше, чем при снеготаянии, высокий пик паводка не может сформироваться. Это может иметь место лишь на малых притоках этого водосбора в несколько разное время. И чем меньше площадь водосбора, тем больше указанные различия. При этом, в связи с большей интенсивностью ливней, в горах на более крупных водосборах дождевые паводки могут быть выше. Примерные оценки по материалам исследуемых рек Пермского края позволили подтвердить эту тенденцию и оценить следующие соотношения Q_p и Q_d . (табл.2.3).

Таблица 2.3

Предельные размеры водосборных площадей рек (км^2), на которых дождевые максимумы стока могут превышать максимумы половодья

Территория	Вероятность превышения		
	один раз в 2 года	один раз в 20 лет	один раз в 100 лет
Равнина, предгорье и низкогорье ($H_{ср} \leq 400 \text{ м}$)	100	200	500
Горы ($H_{ср} > 400 \text{ м}$)	200	500	2000-3000

Однако в отдельные годы с необычными условиями формирования стока дождевые паводки могут превышать максимум половодья и на гораздо больших водосборах. Наиболее яркий пример – 1978 год. Весна этого года была затяжной, половодья на реках севера Пермского края были растянутыми, невысокими, а лето отличалось обильными и продолжительными обложными дождями, покрывающими большие пространства. В результате даже на р. Кама у с. Бондюг (площадь бассейна 27400 км²) дождевой максимум превысил низкое в этом году половодье.

Аналогичная ситуация сложилась в 1994 г. на северо-западе Пермского края, где сумма летних осадков превышала норму в 2,0-2,3 раза, а во второй декаде июня по разным пунктам наблюдений – в 3,7-7,9 раз и в первой декаде июля – в 3-5 раз. Это привело к формированию на реках серии высоких паводков, наивысших в некоторых случаях за весь период наблюдений.

Рассмотрим далее соотношение минимальных зимних (обеспеченностью 97%) и среднегодовых расходов (табл.2.2). Здесь также отчетливо проявляется регулирующая роль речных бассейнов. В наибольшей степени она проявилась на крайнем севере (реки Весляна, Пильва), природные особенности которого отмечены выше. Еще сильнее проявилась регулирующая роль карста в бассейне р. Ирень, которая сказалась и на стоке р. Сылва у Подкаменного.

Следует отметить, что карст по-разному влияет на водный режим рек. В связи с большой фильтрационной способностью карстующихся пород во всех случаях наблюдается снижение максимальных расходов. Что же касается минимальных, то все здесь зависит от соотношения глубины залегания карстующихся пород и глубины вреза речного русла. Русла малых рек, не прорезающих толщу этих пород, в период межени становятся часто сухими – вода уходит в более глубокие горизонты. Годовой сток этих рек ниже зонального. Более крупные реки, такие как Ирень, с глубоким врезом русел, дренирующих закарстованную толщу, наоборот, отличаются вследствие этого относительно высоким стоком в период как летней, так и зимней межени.

И, конечно, наинизшее относительное значение минимального стока мы видим (табл.2.2) по р. Куве, особенности которой были отмечены

выше. Видимо, не случайно эта река получила название у комипермяков Мертвой, так как в межень она маловодна, скорость течения воды в ее русле, особенно в низовьях, резко снижается. Вероятно, первые поселенцы видели эту реку как раз в этот период. Намного глубже вник в особенности водного режима этой реки поэт Владимир Радкевич, который в стихотворении «Кува осенняя» написал:

*...Только тот, кто назвал тебя мертвой, неправ,
Он не ведал твой бурный безудержный нрав.
В напоенные талыми водами вёсны
Ты несла, как пушинки, столетние сосны...*

Такой режим характерен и для многих других малых рек Прикамья, однако из числа изучаемых водотоков он наиболее ярко проявился именно у р. Кува.

2.2.2. Колебания водного зеркала

Водную гладь реки в безветренную погоду часто сравнивают с зеркалом, то со стеклянным, то со стальным.

*...В небе тают облака,
И лучистая на зное
В искрах катится река,
Словно зеркало стальное.*

Ф.И. Тютчев

Водное зеркало редко остается постоянным по высоте, чаще оно изменяется, т.е. происходят его вертикальные колебания. Основная причина этих колебаний – это, конечно, изменение количества воды, протекающей в речном русле в единицу времени, или расхода воды. Таким образом, между этими двумя характеристиками водного режима существует достаточно тесная связь. Поскольку уровень воды в реке измерить намного проще, сведения об уровнях используются для вычисления по этой связи ежедневных расходов воды.

Однако часто связь между расходами и уровнями меняется или отсутствует вовсе. Связано это с тем, что уровень воды в реке может изменяться под воздействием других факторов. Главным из этих факторов является возникновение препятствий в русле реки, вызывающее подпор воды, т.е. снижение скорости течения, и, соответственно, повышение уровня водного зеркала. Подпоры возникают почти всегда зимой в результате стеснения русла ледяными образованиями. Особенно значительными они могут быть весной при образовании заторов льда в период ледохода, а на горных реках и зимой вследствие закупорки живого сечения потока шугой, которую называют зажором. Обычны подпоры воды летом на реках, русла которых стесняются водной растительностью. Все это заставляет тщательно проводить совместный анализ сведений о расходах и уровнях воды.

Амплитуда колебания уровня воды в реках, конечно, не одинакова. Прежде всего, она прямо зависит от размеров и водоносности реки. Влияет на эти колебания также характер русла и долины. У рек с широкой поймой колебания уровней, естественно, меньше, чем в узком русле, стесненном крутыми склонами долины. Примером могут служить данные по двум гидрологическим постам на р. Колва. Амплитуда колебания уровней воды этой реки у с. Подбобыка составляет 10,7 м, а возле г. Чердынь, где водоносность реки почти на четверть увеличивается, она снижается до 6,9 м. Наибольший размах колебания уровня воды в пределах Пермского края зафиксирован в р. Кама у г. Перми, который до создания Камского водохранилища составил 12,6 м.

2.2.3. Половодья и паводки

Необходимо отметить, что четкое разделение двух наиболее многоводных фаз водного режима половодий и паводков произошло в нашей стране только во второй половине прошлого столетия. До этого все высокие подъемы расходов и уровней воды называли паводками. Поэтому создаваемые для предотвращения вредного воздействия этих

явлений комиссии (в нашем крае главным образом – половодий) называют до сих пор паводковыми.

Долины многих рек Пермского края давно освоены. Практически все населенные пункты располагаются по берегам рек. Поэтому в нашей жизни большое значение имеют не только наивысшие уровни воды, но и продолжительность стояния высоких уровней, приводящего к затоплениям и подтоплениям пойменных земель.

Сроки начала, а также продолжительность половодья зависят главным образом от процессов весеннего таяния снега и от времени добегания талых вод до русел рек. Поэтому более продолжительны половодья на равнинных реках лесной зоны. Снега здесь выпадает больше, тает под лесным покровом он медленнее и скорости течения воды по склонам невелики. Иная картина наблюдается на реках лесостепной зоны, где более дружное таяние относительно меньших снегозапасов приводит к образованию высокого, но менее продолжительного половодья. Большая роль здесь принадлежит размерам речного бассейна. На крупных реках, особенно с разным временем снеготаяния на их притоках, половодье растягивается на более продолжительное время. В горных районах продление половодья обуславливается разновременным таянием снегов на разных высотах. В силу разного воздействия указанных факторов продолжительность половодья на реках может изменяться от 2-3 недель до двух и более месяцев.

Сроки начала половодья определяются широтными и высотными различиями климатических условий. На юге Пермского края половодье начинается в среднем около 10 апреля. В бассейнах рек Сылва и Обва дата его начала сдвигается уже на пять суток, а на равнинных реках севера – еще на пять. В горах северо-востока половодье начинается лишь в конце апреля. Отклонения от этих средних сроков в отдельные годы могут достигать двух недель. Характер весенних половодий в разные годы также различен. При дружном снеготаянии половодье представляет собой высокую волну, а при затяжном таянии снега с прекращения его при похолодании половодье выглядит фигурой с двумя или несколькими пиками.

Что касается дождевых паводков, то время их прохождения определяется сроком, количеством и режимом выпадения жидких осадков. В одном году на реке может сформироваться несколько летних или осенних паводков, в другом – значительных повышений уровня воды может, вообще, не быть. Чаше формируются и достигают больших размеров паводки на горных реках.

2.2.4. Скорости течения воды

Сведения о режиме скоростей течения представляют большой интерес для изучения многих процессов, происходящих в реках. Они необходимы, в частности, для исследования русловых деформаций, для оценки скорости движения ледяных полей при вскрытии рек, времени добегания загрязняющих веществ, попадающих в реки и т.д.

Измерение скоростей, резко различающихся в разных участках речного потока, производится на гидрологических постах при определении расхода воды. Сведения об этих измерениях до 1976 г. публиковались в изданиях водного кадастра. Анализ скоростного режима в ряде рек Пермского края, выполненный на кафедре гидрологии и охраны водных ресурсов ПГУ (табл.2.4), показал, что в разные фазы водного режима они резко различаются.

Следовательно, не только уклон речного русла определяет эти скорости, но и высота слоя воды, текущей по руслу. Важное значение имеет также характер этого русла и поймы реки, их шероховатость, которая препятствует увеличению скорости движения воды, тормозит речной поток.

В табл. 2.4 приведены данные о средних по живому сечению скоростях потока за 1974 и 1960 гг. Водность первого из них была на 15-20% выше средней, а второго – примерно на 15% ниже средней. Поэтому эти данные можно считать достаточно репрезентативными. Как видно из указанной таблицы амплитуда изменения средних скоростей не одинакова и зависит от характера речного русла. Минимальная скорость в межень на р. Иньва у Кудымкара составляет всего лишь 0,11 м/с, тогда как на горной р. Кутим – 0,65 м/с. Соответственно изменяются и максимумы от 0,87 м/с в реке Бабка до 2,03 м/с в р. Кутим. Различия

Таблица 2.4

Основные характеристики водного режима рек за период открытого русла по материалам гидрометрических наблюдений

№ п/п	Река – пункт	Пло- щадь бассей- на, км ²	Сред- няя высота бассей- на, м	Средние многолетние расходы воды, м ³ /с		Средняя глубина русла, м		Средняя скорость течения, м/с		
				годовой	макси- мальный	макс.	мин.	макс.	мин.	макс. мин.
1	Весляна – пос. Оныл	7100	194	(64,0)	495	4,54	1,34	1,02	0,26	3,92
2	Коса – с. Коса	6340	186	40,8	452	4,56	2,49	1,20	0,37	3,24
3	Пильва – у. Усть-Кайб	1870	176	17,6	134	3,61	1,06	0,95	0,21	4,52
4	Кутим – д. Кутим	504	598	11,2	106	0,99	0,37	2,03	0,65	3,13
5	Колва – д.Петрецова	2830	274	37,9	434	3,56	0,98	1,56	0,18	8,67
6	Яйва – пос. База	3630	(360)	61,8	787	4,18	1,19	1,84	0,12	15,3
7	Яйва – пос.Усть-Игум	5230	320	(70,0)	891	4,26	1,16	1,09	0,21	5,19
8	Иньва – г.Кудымкар	2050	209	11,5	198	3,31	0,45	0,83	0,11	7,55
9	Косьва – д. Останино	6220	392	85,2	692	3,27	0,43	1,52	0,27	5,63
10	Койва – пгт. Кусье-Александровский	1790	374	20,9	249	2,34	0,66	1,27	0,15	8,47
11	Усьва – пгт. Усьва	2170	456	30,8	404	1,91	0,50	1,36	0,25	5,44
12	Сылва – пгт. Шамары	3130	322	30,0	430	3,02	0,63	1,20	0,21	5,71
13	Барда – д. Синюшата	1910	247	21,9	200	3,08	1,11	1,13	0,13	8,69
14	Ирень – д. Шубино	6060	233	38,0	374	4,71	2,49	1,16	0,21	5,52
15	Бабка – д. Балалы	1980	237	14,8	202	2,77	0,80	0,87	0,15	5,80
16	Тулва – с. Барда	1890	216	13,3	413	2,56	0,78	1,77	0,15	10,8

Примечание: в скобках приведены значения, определенные с меньшей точностью

между максимальной и минимальной скоростями в разных реках также не одинаковы. Первая может быть больше второй то 3,2 раза (р. Коса), то в 15,3 раза (р. Яйва у пос. База).

Различное влияние характера русла на скорости течения при практически одинаковых расходах воды и среднем уклоне русла рассмотрим на примере рек Тулва у с. Барда и Косьва у д. Останино (табл.2.5).

Таблица 2.5

Примеры изменения гидрологических характеристик в русле рек Тулва и Косьва

Q	р. Тулва – с. Барда				р. Косьва – д. Останино			
	B	h_{cp}	w	v_{cp}	B	h_{cp}	w	v_{cp}
15	49,5	0,88	44	0,34	(155)	(0,40)	(62)	0,21
50	50,0	1,40	70	0,73	161	(0,70)	(113)	0,44
100	50,5	1,64	83	1,10	163	1,60	261	0,62
200	55,0	2,44	134	1,55	169	1,72	291	0,82

Примечание: Q – расход воды, м³/с; B – ширина русла, м; h_{cp} – средняя глубина, м; w – площадь живого сечения, м²; v_{cp} – средняя скорость, м/с.

Как видно из приведенной таблицы, при одинаковых расходах воды ширина русла р. Тулвы втрое меньше русла Косьвы и почти не изменяется при увеличении расхода и уровня воды, в то время как русло Косьвы резко расширяется, соответственно, средняя глубина в последнем случае меньше, шероховатость русла больше и, как следствие, меньше скорость.

2.2.5. Многолетняя изменчивость речного стока

Как уже отмечалось, погодные условия отдельных лет могут значительно отличаться друг от друга. Это обуславливает изменчивость и всех характеристик водного режима рек. Изменяется характер распределения речного стока по сезонам, изменяются его экстремальные значения, не постоянна и величина среднегодовых расходов воды.

Рассмотрим характер изменчивости на примере годового стока р. Камы у г. Перми. Сюда в Каму стекаются воды большинства рек Пермского края, здесь имеется наиболее длительный ряд наблюдений за уровнями и расходами воды. Регулярные наблюдения за режимом уровней здесь были начаты в 1881 г., а измерения расходов воды – в 1930 г. Среднегодовые расходы воды за период 1881-1929 гг. восстановлены по материалам уровенных наблюдений и считаются менее точными. В последующие годы погрешности в оценке годовых расходов не превышают 5%.

В настоящем анализе мы располагаем, включая 2008 год, 128-летним рядом наблюдений по этому пункту. Характер колебаний годового стока за этот период можно видеть на графике (рис.2.3). Для удобства построения графиков используются также не абсолютные значения стока, а модульные коэффициенты $K = Q_i / Q_0$, где Q_i – расход воды за конкретный год, а Q_0 – средние значения этих расходов (рис.2.4).

Конечно, сложно на рис.2.3 выделить какую-то закономерность, однако отметим, что наибольший размах колебаний годового стока р. Камы наблюдался здесь в период 1926-1938 гг., а 1926 г. до сих пор остается самым многоводным. Средний годовой расход оценен за этот год в 2370 м³/с. Очень близки к этому значения за 1914 и 1994 гг. (2330 м³/с). Самым маловодным, статистическая вероятность наступления которого оценена как один раз в 500 лет, был 1938 г., когда расход воды был равен всего лишь 968 м³/с. Очень маловодными были также 1936 и 1937 гг. Средняя многолетняя величина годового стока у г. Перми оценивается сейчас в 1680 м³/с. Таким образом, амплитуда колебаний этого стока за 128-летний период наблюдений составила 84% от среднего, т.е. по 42% в ту и другую стороны. Средняя величина отклонений значительно меньше (всего 18%). В южной части Пермского края средние отклонения годового стока увеличиваются до 30%; в значительно большей степени изменяются максимальные расходы воды.

Если рассматривать отдельные десятилетия в многолетнем ряду колебаний стока р. Камы, то можно выделить самый маловодный период 1931-1940 гг., когда сток был ниже на 21%, и самый многоводный пери-

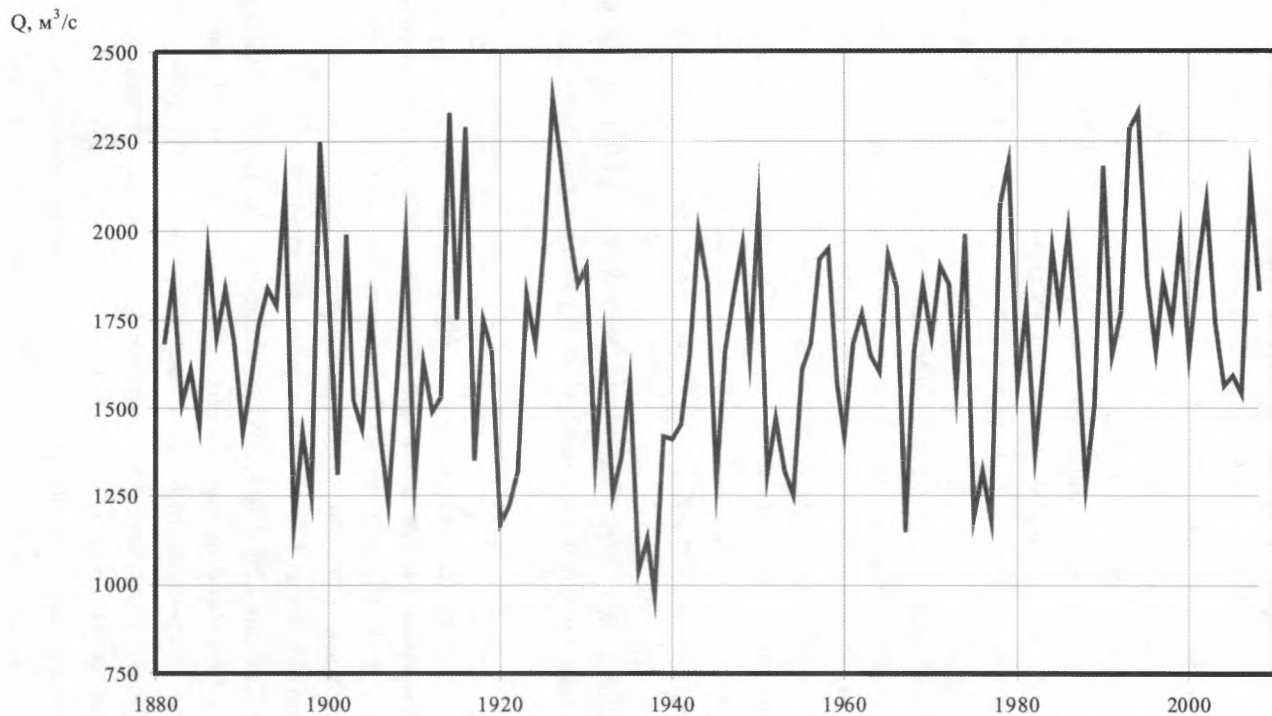


Рис.2.3. Хронологический график колебаний годового стока р. Камы у г. Перми

од 1991-2000 гг., водность которого превысила среднюю на 13%. Сток 1994 г. практически достиг максимума 1926 г. и составил 2330 м³/с.

Можно отметить также интересные «скачки» в ходе годового стока. Например, годовые расходы воды в 1895 и 1896 гг. составили соответственно 2120 и 1170 м³/с, в 1898 и 1899 гг. – 1250 и 2250 м³/с и в 1916 и 1917 гг. – 2290 и 1350 м³/с. В последующие годы таких резких изменений не отмечалось. Более того, в общем многолетнем стоке реки выделяются некоторые закономерности, которые легче просматриваются на интегральной кривой, отражающей изменение во времени нарастающей суммы отклонений величины стока K_i от его средней многолетней величины (рис.2.4).

На представленном графике можно выделить несколько разных волн колебаний годового стока. Наиболее выражены волна 1920-1940 гг. и шестидесятилетняя волна 1960-2000 гг. На фоне последней можно выделить несколько малых циклов колебаний. Главная же тенденция заключается в том, что начиная с 1930 г. идет вначале крутой, затем менее выраженный спад до середины 70-х гг. прошлого столетия. С этого времени начинается увеличение водности рек бассейна Камы, которое продолжается до настоящего времени.

Можно ли на основе имеющихся данных говорить о том, что годовой сток реки Кама у г. Перми значительно увеличился? Конечно, нет. Подтверждением этому служит весьма незначительное (в пределах точности расчетов) увеличение среднего многолетнего расхода воды. Если по данным водного кадастра [21] на 1968 г. норма (средняя многолетняя величина) составляла 1630 м³/с, то за период в 128 лет она увеличилась лишь на 3%.

Как будет дальше развиваться процесс однозначно, сказать практически невозможно. В статистических оценках вероятности наступления в будущем заданных значений расходов воды гидрологи в большинстве случаев исходят пока из того, что многолетние колебания стока рек, не испытывающих существенного антропогенного воздействия, представляют собой стационарный процесс, который в обозримом будущем не изменится. Верно ли это?

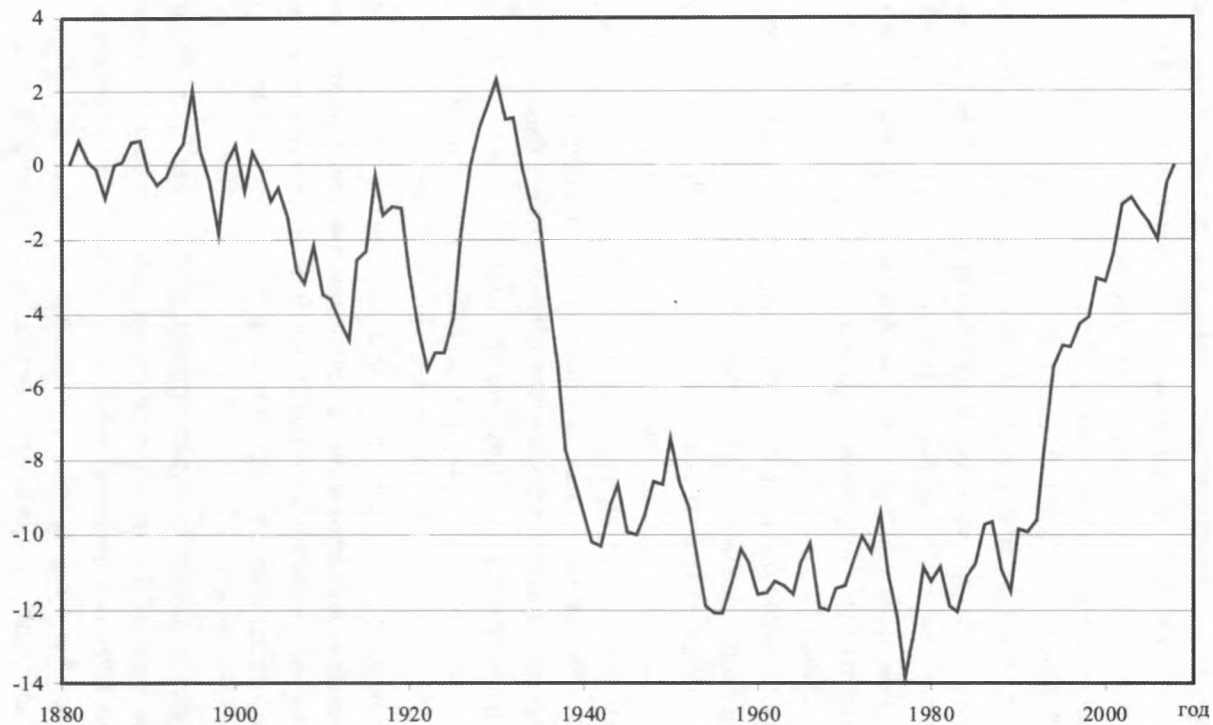


Рис. 2.4. Интегральная кривая модульных коэффициентов годового стока р. Камы у г. Перми за период 1881-2008 гг.

Оценки тенденций в колебаниях за короткие периоды мало надежны, и специалисты начинают высказываться о том, что существующие ряды наших наблюдений слишком коротки для надежных долгосрочных прогнозов. Примером может служить прогноз Государственного гидрологического института [25]. Опираясь на прогнозы климатологов, а также учитывая рост антропогенного влияния, институт предсказал к 2000 г. весьма существенное снижение водности рек большей части Европейской России, в том числе и в бассейне р. Волга. На примере р. Кама мы видим, что ее годовой сток по-прежнему увеличивается.

Внутривековые колебания процессов в атмосфере и гидросфере формируются на более длинных волнах с гораздо большими экстремальными значениями. Результаты исследований ряда ученых (Х. Аракава, М.И. Будыко, Х. Шепли) показали, например, что весьма резкое изменение климата (снижение температуры воздуха и атмосферных осадков) произошло в XIII в. и его влияние продолжалось до XVIII в. Современный климат также заставляет предполагать возможность таких изменений, но, вероятно, в другую сторону. Значительную роль в этом могут сыграть антропогенные факторы.

2.3. Ледовый режим рек

В «свободном» состоянии наши реки находятся только около половины года. С наступлением отрицательных температур воздуха остывает и вода в реках. Верхние ее слои охлаждаются до нуля градусов и несколько ниже. На поверхности воды начинается образование ледяных кристаллов, которые, объединяясь, плывут по реке в виде тонких блестящих пластинок. Говорят: на реке пошло *сало*. Вода возле берегов охлаждается быстрее, и здесь раньше всего образуются полосы тонкого льда – *забереги*. На реках с быстрым течением, особенно на участках с небольшой глубиной, переохлаждается весь слой воды и, образующиеся в нем ледяные кристаллы соединяются в рыхлые комья. И гидролог-наблюдатель отмечает в своем журнале: по реке плывет *шуга*.

Сроки появления всех этих ледовых явлений на реках Пермского края изменяются как во времени, так и в пространстве. Отметим лишь средние сроки. Раньше всего осенние ледообразования начинаются, естественно, в верховьях горных рек северо-востока края. Средняя дата их, по детальным обобщениям В.Г. Калинина [9], приходится на 18 октября. Далее в юго-западном направлении сроки появления осенних ледовых явлений постепенно сдвигаются до 30 октября на крайнем юго-западе (рис. 2.5).

Ранние и поздние сроки осенних ледообразований различаются примерно на две-три недели. Следует отметить, что на фоне указанных закономерностей, представленных на рис. 2.4, наблюдаются довольно значительные отклонения в сроках осеннего появления льда. Например, вода малых рек со спокойным течением охлаждается быстрее и здесь раньше начинаются эти процессы.

С дальнейшим понижением температуры воздуха интенсивность образования льда увеличивается, отдельные его части смерзаются, наступает следующая фаза в режиме реки – *ледостав* или, как говорят: «река встала». Продолжительность осеннего ледохода на разных реках сильно меняется. Быстрее всего, через несколько суток, ледяной покров образуется на малых реках. На средних реках равнины, таких как Коса, Иньва, Обва, ледоход продолжается в среднем около 10 сут. Горные реки дольше сопротивляются осенним холодам и ледяной покров на них устанавливается лишь через 15-20 сут.

Таким образом, в осенних процессах ледообразования на разных реках мы наблюдаем большие различия. На очень малых реках осеннего ледохода, вообще, может не быть. Забереги, смерзаясь, образуют тонкий гладкий ледяной покров, а на быстринах, перекатах, порогах горных рек сплошной ледяной покров обычно не образуется. В течение всей зимы существует *полынья*. Полыньи на горных реках являются «фабриками» образования шуги. Хлопья образовавшейся здесь шуги уносятся течением далее под лед и, скапливаясь в некоторых участках русла, образуют *зажор* – закупорку русла шугой, вследствие чего возникает подпор и начинается подъем уровня воды выше зажора. Наблю-

даются зажоры обычно в первой половине зимы, когда еще обширны полыньи, и могут удерживаться 15-20 дней, а иногда и 2,0-2,5 месяца (р. Вишера). Зажоры могут образовываться и на крупных реках равнины северной части края, таких как Верхняя Кама, Коса, Лолог, Пильва, а также на реках Велва, Ирень и Бабка. Подъемы уровня воды выше зажоров обычно не превышают одного метра. Однако в отдельных случаях величина подъема возрастает до 1,5 и даже 2,0 м (Яйва, Велва).

С наступлением зимних холодов начинается интенсивное нарастание льда. В дальнейшем это нарастание замедляется, так как лед, а особенно выпавший на него снег, являются хорошими теплоизоляторами. Однако увеличение толщины льда происходит не только снизу, где он прочный монолитный, но часто и сверху, когда под тяжестью снега ледяной покров прогибается и вода выходит наверх, смачивая нижний слой снега. Здесь образуется более рыхлый снежный лед. Средние многолетние значения наибольшей толщины льда в конце зимы изменяются на разных реках в довольно больших пределах, составляя 50-70 см. В суровые малоснежные зимы его толщина может увеличиваться до метра и более, а в теплые – снижаться до 20-50 см. От этих средних величин могут наблюдаться значительные отклонения на разных реках или участках одной реки. На толщину льда оказывают влияние скорость течения воды, толщины снега на льду, обильные выходы в русло подземных вод, сбросы промышленных сточных вод.

Указанные различия в толщине ледяного покрова необходимо учитывать при организации и проведении зимних переправ через реки. Только при достижении толщины кристаллического льда 7-10 см он выдерживает одного человека, при 11-15 см – рассредоточенную группу людей. Для конной повозки требуется уже лед в 15-20 см, а для автомобиля в зависимости от его веса – 25-50 см. И все это характерно при отсутствии во льду трещин, промоин и полыней и при температуре воздуха не выше -5°.

Есть еще один вид ледяных образований на наших реках – *наледь*. Наледи обычно образуются на определенных участках средних и малых рек. Мы уже вели речь о зажорах. Они в конечном итоге под напором вод прорываются. А в случае полной и плотной закупорки внутри-

водным льдом всего русла, т.е. его *перемерзания*, идущая сверху вода взламывает перед препятствием ледяной покров и начинает разливаться поверх льда, заполняя весь снег, затапливая прибрежные низкие участки (пойму). Чем суровее зима и меньше слой снежного покрова, тем вероятнее образование наледей. Где чаще всего может произойти перемерзание русла? Там, где река выходит на расширенный участок долины, где меньше уклоны русла и скорости течения, где русло разветвляется на отдельные рукава, где потоки уже не в состоянии противостоять морозам.

Площади наледей и их толщина измеряются в очень больших пределах, в зависимости от размера так называемых наледных полей или полян и водности реки в зимний сезон. Наибольших размеров (десятки квадратных километров) наледи достигают в условиях многолетней мерзлоты на северо-востоке России. В нашем крае размеры их гораздо скромнее. Однако при сочетании ряда неблагоприятных факторов и на реках Пермского края наледи становятся опасным гидрологическим явлением. Так было, например, зимой 1966-1967 годов. Начало этой зимы было необычно холодным, а снега вплоть до декабря почти не было. Промерзли участки русел таких рек, как Глухая Вильва, Лысьва, Уролка, Тулва и многие др. Постоянно нарастая, толщина некоторых наледей достигала 2 м, а на реке Малый Ашап – 5 м. В ряде населенных пунктов были подтоплены отдельные дома, нарушены системы водоснабжения, отмечены случаи эвакуации населения. Для снижения ущерба от наледей устраивались различные запруды, с помощью взрывов в наледной толще для пропуска воды прокладывались каналы. Наряду с перемерзанием рек на малых водотоках с неглубоко врезанным руслом наблюдаются случаи *промерзания*, т.е. полного прекращения стока воды подо льдом из-за прекращения поступления в русло подземных вод.

Заключительной фазой в зимнем ледовом режиме рек является *вскрытие* и очищение их ото льда. С повышением весной температуры воздуха и усилением интенсивности солнечной радиации на водосборе рек начинаются таяние снега и сток талых вод в реки. Стаивает снег и на поверхности льда. Речной лед под воздействием солнечной радиации приобретает менее прочную столбчатую структуру. Прилив внешних вод в русло при-

водит к подъему уровня воды, лед в результате этого, отрываясь от берегов, всплывает. Возле берегов образуются полосы воды, свободные ото льда – *закраины*. Дальнейшее ослабление льда приводит к нарушению его целостности. Начинается весенний ледоход. На реках юга Пермского края вскрытие ото льда происходит в среднем в половине апреля, а на крайнем северо-востоке – в конце этого месяца и даже в начале мая.

Освобождение крупных рек ото льда весной происходит весьма бурно и представляет собой захватывающее зрелище. По реке с большой скоростью плывут ледяные поля и мелкие льдины, которые, соприкасаясь друг с другом и растрескиваясь, создают своеобразный шум. Вот как описал весеннее вскрытие р.Чусовая писатель Д.Н. Мамин-Сибиряк в рассказе «Бойцы»: «Нахлынувший вал поднял лед, как яичную скорлупу; громадные льдины с треском и шумом ломались на каждом шагу, громоздились одна на другую, образуя заторы, и, как живые, лезли на всякий мысок и отлогость, куда их прибывало сильной водяной струей. Недавно, мертвая и неподвижная, река теперь шевелилась на всем протяжении, как громадная змея, с шипением и свистом собирая свои ледяные кольца».

Однако не на всех реках процесс вскрытия происходит подобным образом. В бассейнах горных рек весна начинается с их низовий, в этом же направлении происходит, обычно более спокойно, процесс вскрытия, которое облегчается здесь наличием полиней. Однако и в этом случае не исключено образование заторов. На ряде равнинных рек (Мулянка, Бабка, Барда) сплошность ледяного покрова начинает разрушаться с появлением промоин. Весенний лед может разрушаться и пущками воды из вышерасположенных прудов.

В связи с указанными различиями неодинакова и продолжительность полного очищения рек ото льда. На малых реках оно происходит через два-три дня, на многих крупных – 5-7 дней. Освобождение рек ото льда на юге Пермского края начинается в среднем 18-20 апреля. Продвигаясь далее на северо-восток, эти процессы в верховьях бассейна Вишеры завершаются 8-10 мая (рис.2.6). Как и в других случаях жизни наших рек, сроки наступления и окончания ледовых явлений в отдельные годы довольно сильно изменяются.

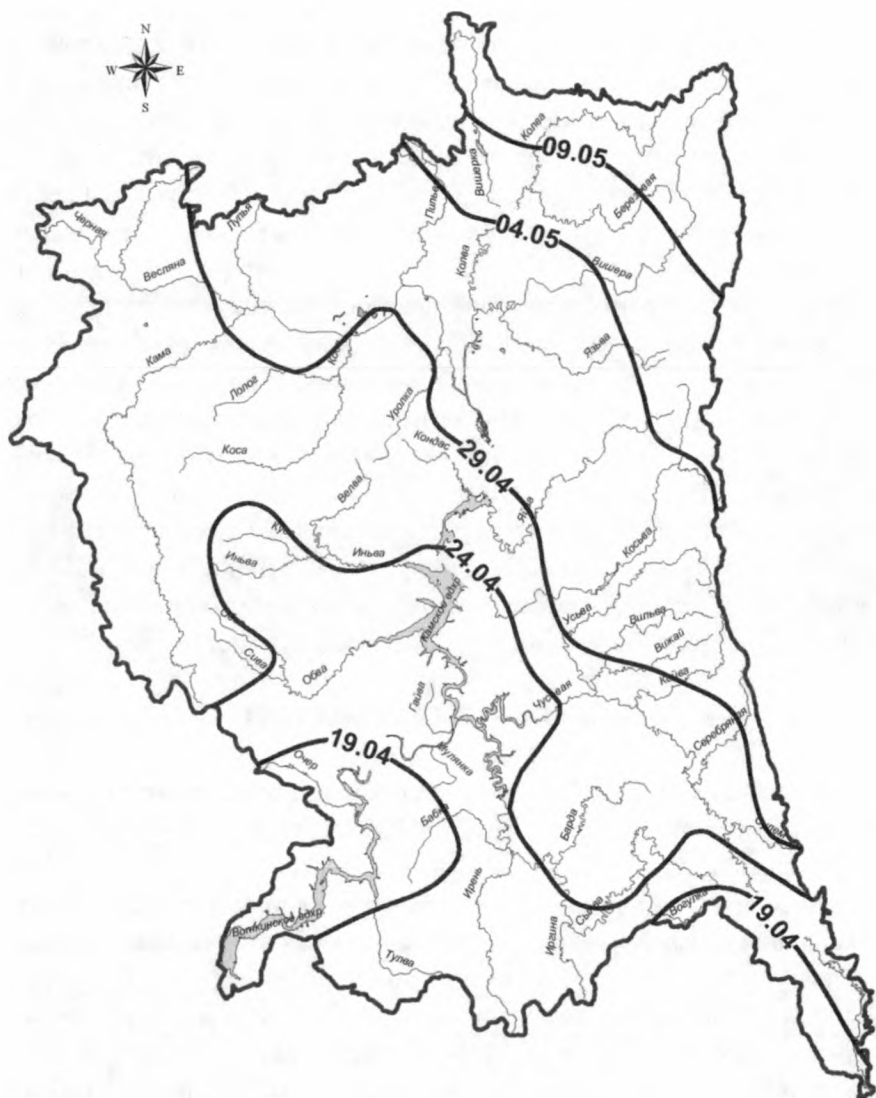


Рис. 2.6. Среднемноголетние сроки очищения ото льда рек водосбора Воткинского водохранилища за период с 1957 по 1996 г. [9]

Как уже отмечено выше, процессы весеннего вскрытия сопровождаются образованием *заторов* – опасных гидрологических явлений. Плывущие по реке ледяные поля, встретив препятствия, нагромождаются в несколько слоев и, препятствуя движению воды, приводят к подъему уровня воды. Местом образования заторов могут служить острова, разделяющие русло на несколько рукавов, резкие повороты русла или участки его сужения. Часты заторы и в местах соединения реки со значительным притоком. По результатам анализа, выполненного В.Г. Калинин (2008 г.), наиболее часто заторы образуются на малых и средних реках. Ежегодно повторяются они на горных реках, таких как Яйва, Косьва, Усьва, Чусовая. Часты заторы на Каме, Обве, Сылве, Барде, Бабке, Тулве. Наиболее высокие повышения уровней воды выше заторов (2,0-3,0 м) отмечены в пунктах р. Обва – с. Карагай, р. Чусовая – пос. Кын, р. Вильва (приток р. Усьва) – кордон Узкий, р. Сылва – с. Подкаменное, р. Ирень – д. Шубино. Следует однако отметить, что заторные максимумы уровней на реках Пермского края в отличие от многих рек, текущих на север (Северная Двина, Енисей, Лена и др.), не являются наивысшими в году. Дружное таяние обильных снегов формирует обычно более высокую волну весеннего половодья.

2.4. Работа текущих вод

Природная вода, двигаясь под воздействием гравитации с больших высот на меньшие, совершает работу. Работа эта на склонах водосборного бассейна заключается в разрушении поверхности этих склонов и переносе продуктов разрушения. Чем круче склон и чем больше слой стекающей воды, тем интенсивнее совершается этот процесс. Однако горные породы и почвы, слагающие поверхность водосбора, в разной степени подвергаются разрушению и размыву. Наиболее устойчивы коренные, скальные породы. Довольно легко размываются распаханые и пока не закрепленные растительностью почвы. Все мы наблюдаем весной мчащиеся с полей мутные потоки талых вод. В результате – образуются овраги, а у подножий склонов или в других местах, где уменьшаются уклоны, эти потоки оставляют, откладывают наиболее крупные частицы грунта. И наблюдательный человек на протяжении

своей жизни может видеть вполне заметные изменения в микрорельефе местности. За века и тысячелетия эти изменения многократно умножаются. Поэтому совершенно справедлив вывод выдающегося русского ученого В.И. Вернадского о том, что «картина видимой природы определяется водой».

Какое отношение это имеет к рекам? Самое прямое. Мутные потоки, стекающие со склонов в реки, делают мутной и речную воду. Мутность, т.е. количество взвешенных частиц грунта в единице объема воды, выражаемое обычно в граммах на один кубический метр, или в миллиграммах на литр, изучается на гидрологических постах. По результатам этих измерений определяется среднегодовое значение мутности и объем переносимых рекой твердых частиц (наносов), или сток наносов. На основе этих данных составляются ориентировочные карты пространственного распределения стока наносов. Однако особенности каждого речного бассейна (рельеф, характер горных пород и почв, растительность) приводят к большому разнообразию мутности воды рек и стока наносов.

Наибольшая часть наносов содержится в реках в период половодья. Средняя мутность воды за этот период в горных реках, а также в реках северной таежной части Пермского края изменяется в пределах 20-500 г/м³, а в лесостепной зоне на юге края она может достигать 1200 г/м³. Соответственно этому различию неодинаков и объем выносимого реками за год грунта. Рассмотрим для примера данные водного кадастра по четырем рекам (табл. 2.6).

Таблица 2.6

Средние годовые объемы взвешенных наносов

Река	Пункт наблюдений	Площадь водосборного бассейна, тыс. км ²	Средний годовой расход воды, м ³ /с	Средний годовой сток наносов, тыс. тонн	Наносы с 1 км ² площади бассейна 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	д.Ярино	1,79	19,6	130	73

Как видим, мутность воды и вынос в реки продуктов водной эрозии в бассейне р. Барда почти в 7 раз больше, чем в бассейне горной Вишеры. И это далеко не предел. Ведь распахано в бассейне Барды лишь около 10% территории. Если учесть, что лишь часть смываемых со склонов водосбора грунтов попадает в реки, то можно себе представить, насколько интенсивны эти процессы. Борьба с водной эрозией сельхозугодий имеет поэтому большое государственное значение.

Судьба наносов, попадающих в реки, весьма сложна. Наиболее крупные их фракции быстро оседают на дно или перекатываются по дну, формируя донные отложения в виде отмелей, гряд, перекатов и пляжей. Большая часть этих форм рельефа речного дна постоянно деформируется в результате изменения расходов воды и скоростей ее течения. К устьям рек выносятся, в зависимости от скоростей течения, наиболее мелкие фракции почвогрунтов. Но и они в суммарном объеме отражают непрерывный процесс изменения казалось бы постоянного облика наших ландшафтов. Так, р. Кама до создания на ней двух крупных водохранилищ выносила за пределы Пермского края в среднем за год 4,3 млн т грунта, или 23 т с каждого квадратного километра водосборной площади. И это только самые мелкие фракции, которые достигали в потоке реки г. Сарапула.

Следует правда оговориться, что в этом объеме какую-то долю составляет грунт, поступающий в реку в процессе размыва ее берегов. Следовательно, река – это живой организм, постоянно изменяющий рельеф речного дна и очертания своих берегов. Даже вода горных потоков способна постепенно разрушать скальный грунт и видоизменять свое русло. Глубокий знаток русловых процессов В.М. Лохтин (1849-1919) так описывал этот процесс в упомянутой книге «Река Чусовая» (1878 г.): «Прорезая свой путь вдоль Урала, Чусовая медленно и неуклонно продолжает свое разрушительное дело. Дробя течением обломки камня и сметая все, что валится в воду, она грызет свои каменные берега все дальше и все глубже и тем постепенно расчищает себе дорогу. Грандиозные обнажения скалистых обрывов – это трофеи победы тех ласкающих наши взоры, гибких, извивающихся струй воды,

которые кажутся такими слабыми и послушными при встрече с вставшими на их пути преградами, но которые преодолевают и сносят все убийственной настойчивостью своего непрерывного напора».

На реках, берега которых сложены рыхлыми более легко размываемыми породами, эта «убийственная настойчивость» приводит к таким изменениям очертания русла, которые происходят на наших глазах и результаты которых особенно хорошо видны при взгляде на долину реки из окна самолета.

Река, размывая один берег и откладывая продукты размыва ниже по течению на другом берегу, формирует постепенно излучину (рис. 2.7).

*Что для воды быстротечной
Век или сотня веков?
Трудолюбивою речкой
Сдвинут рельеф берегов...*

Николай Новиков



Рис. 2.7. Река Коса (нижнее течение) в окрестностях п. Сольм [18]



*Рис. 2.8. Излучины и староречья реки Язьвы
в районе д. Котомыш [18]*

Со временем перешеек этой излучины прорывается напором внешних вод и река спрямляет свое русло, оставляя излучину в виде дугообразного пойменного озера-старицы. Вот многочисленные староречья-старицы и видим мы, глядя на реку сверху или рассматривая аэро- или космоснимок (рис.2.8).

Детальным изучением горизонтальных русловых деформаций русел рек Пермского края занималась С.С. Егоркина и Н.Н. Назаров [18].

В результате были выделены несколько типов речных русел и районы разной интенсивности их горизонтальных деформаций. Высокой интенсивностью этих деформаций отличаются реки большей части равнинной территории края от западных его границ до предгорий. На горных реках эти процессы проявляются лишь локально, там, где достаточно широкая долина, сложенная рыхлыми отложениями.

Горизонтальные деформации речных русел доставляют нам много неприятностей и забот. Из-за подмыва берегов переносятся некоторые сооружения, населенные пункты, возникают сложности при переходе через реки дорог, линий электропередач, нефтепроводов. Исследования этих процессов необходимы для снижения потерь при проектировании и строительстве, укрепления при необходимости размываемых участков речных берегов.

2.5. Соли камские

В общем годовом стоке речных вод лишь небольшую долю составляет вода, стекающая по поверхности речного бассейна. Основная же ее масса поступает в реки через почвенный слой и через слагающие бассейн грунты. Почвенный сток вместе с поверхностным, быстро поступая в реки, формируют половодья в процессе снеготаяния и паводки после обильного дождя. Часть просочившейся в почво-грунты влаги достигает подземных водоносных горизонтов, питающих реки в бездождевые периоды лета и зимой. Зимний сток наших рек формируется практически весь подземными (грунтовыми) водами.

Известно, что вода является прекрасным растворителем. Протекая через слои почвогрунтов, она впитывает соли различных минералов, приобретает ту или иную минерализацию. Минерализация природных вод, выражаемая миллиграммами солей в одном литре воды (мг/л), зависит от характера слагающих водосборный бассейн почвогрунтов, а также от времени контакта воды с этой средой. В связи с этим в пределах Пермского края наблюдается очень большое разнообразие в минерализации воды отдельных рек. В то же время отмечаются некоторые закономерности ее распределения по территории. Резко изменяется

минерализация и по сезонам года. Понятно, что наибольших значений она достигает зимой, а наименьших – в период весеннего половодья, в котором грунтовые воды принимают небольшое участие.

Химические анализы проб воды, которые производятся на гидрологических постах, позволяют дать следующую генерализованную характеристику естественной (без добавления антропогенного воздействия) минерализации речных вод Пермского края [21]. В таежных реках верхней части камского бассейна, а также в верховьях горных рек содержание солей во время половодья не превышает 50 мг/л. По мере продвижения на юг равнинной части края и от верховий к низовьям горных рек минерализация внешних вод увеличивается до 100-200 мг/л. Примерно с такой же закономерностью от 100-200 до 300-700 мг/л наблюдается изменение минерализации речных вод зимой. В бассейнах рек, где распространены более легко растворимые карстующиеся породы, минерализация летом может возрастать до 600-900, а зимой – до 1100 мг/л.

Растворенные в воде соли, в отличие от частиц грунта, увлекаемых потоками, практически полностью попадают в главные реки, а по ним в водоем, куда эти реки впадают. В связи с этим интересно посмотреть, сколько же солей выносит в год за пределы нашего края р. Кама. Всего двести с небольшим мг/л проносит в среднем за год Кама на выходе за пределы Пермского края, а за год это составит около 11,7 млн т. Давайте, читатель, представим себе этот объем. Современный железнодорожный состав в 80 шестидесятитонных вагонов может перевезти 4800 т соли. Следовательно, ежегодно преимущественно с территории Пермского края Кама «вывозит» соли 24 тысячами железнодорожных составов. Таковы масштабы работы текучих вод, настолько разнообразна и сложна жизнь наших рек.

3. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Вода – это самое драгоценное ископаемое.

Вода – это не просто минеральное сырье,... это та живая кровь, которая создает жизнь там, где ее не было.

В.И. Вернадский

Пермский край достаточно богат водными ресурсами, большим числом водообильных рек. Особая ценность этих ресурсов заключается в том, что они систематически возобновляются в процессе мирового влагооборота. Для того чтобы выявить звенья этого процесса в пределах нашего края, следует рассмотреть общую структуру водного баланса его территории.

3.1. Структура водного баланса

Как уже упоминалось выше, атмосферные осадки (X), выпадающие на поверхность того или иного водосборного бассейна реки, расходуются затем на испарение (E) и на формирование речного стока (Y). И в осредненном за многолетие годовой баланс (без учета возможного водообмена между соседними водосборами) по отношению к стоку выражается очень простым уравнением $Y = X - E$, где все составляющие выражаются в мм слоя. Из этого уравнения следует, что водоносность реки определяется не только суммой выпадающих на поверхность ее бассейна осадков, но и величиной их потерь на испарение.

Атмосферные осадки приносятся на территорию Пермского края преимущественно западными влагоносными ветрами. Выпадая здесь, они частично испаряются и уносятся потоками воздуха далее на восток. Однако значительная их часть, при понижении температуры воздуха на западных склонах Уральских гор, вновь выпадает и дополнительно питает наши реки. Вследствие этого реки восточного склона Урала, на той же географической широте, гораздо менее водоносны.

По данным гидрометеорологической службы России средняя много-летняя величина атмосферных осадков, выпадающих за год на территорию Пермского края, составляет 726 мм. Из них 430 мм, испаряясь, уходит обратно в атмосферу, а 296 мм идет на формирование стока наших рек. Следовательно, коэффициент стока в среднем по нашему краю равняется $296/726 = 0,41$. Интересно отметить, что в целом по России суммарный слой осадков и речного стока меньше на 21%, а их соотношение также равно 0,41.

В силу большого разнообразия природных условий в пределах Пермского края структура водного баланса речных бассейнов в разных его частях далеко не одинакова, о чем можно судить по данным, приведенным для ряда равнинных и горных рек в табл. 3.1.

Таблица 3.1

**Структура водного баланса речных бассейнов
(в среднем за годовой интервал времени)**

Река – пункт	Площадь водосбора, км ²	Средняя высота водосбора, м	Слой, мм					Невязка баланса, %	Коэффициент стока
			осадки	сток	испарение	забор воды	возврат воды		
Весляна – д. Зюлева	7100	194	760	295	424	-	-	5,4	0,39
Вишера – пос. Рябино	30900	322	900	480	445	10	8	3,0	0,53
Кутим – д. Кутим	504	598	1000	719	443	-	-	16,0	0,72
Иньва – г. Кудымкар	2050	209	670	220	441	17	13	0,7	0,33
Косьва – с. Троицкое	2950	528	950	520	440	12	9	1,4	0,55
Усьва – пос. Усьва	2170	456	850	448	444	-	-	4,9	0,53
Ирень – д. Шубино	6060	233	670	214	461	-	-	0,7	0,32
Сива – д. Беркуты	4710	167	650	(208)	441	-	-	0,2	(0,32)
Большая Сарапулка – с. Поркачево	247	153	590	(157)	429	-	-	0,7	(0,27)

Примечания: 1. Невязки баланса обусловлены погрешностями оценки его составляющих, определенных независимыми способами.
2. Значения, приведенные в скобках, определены по коротким рядам наблюдений и отличаются поэтому меньшей надежностью.

Анализ приведенных в табл.3.1 данных показывает, что средняя сумма атмосферных осадков в пределах Пермского края изменяется примерно в два раза. Представляется, что значение этих осадков по наиболее высоко поднятому (из числа изучаемых) водосбору р. Кутим, принятое в 1000 мм, значительно занижено и именно этим объясняется большая невязка в уравнении баланса. Наиболее надежной считается в горных бассейнах оценка величины стока, и сложение ее с суммой испарения позволяет принять среднюю величину осадков по бассейну р. Кутим примерно равной 1150 мм.

Как, очевидно, заметил внимательный читатель, очень мало изменяется по территории величина суммарного испарения. Связано это с тем, что она в данных природных условиях на юге края лимитируется дефицитом осадков, а на севере и северо-востоке – дефицитом тепла. Наибольшей пространственной изменчивостью в Пермском крае отличается особенно интересующая нас в данном случае величина годового стока, изолинии которого в генерализованном виде представлены на рис. 3.1.

Таким образом, наши основные постоянно возобновляемые водные ресурсы сосредоточены большей частью в еще слабо освоенных и в меньшей степени подверженных вредному воздействию районах, что, несомненно, является положительной особенностью их пространственного распределения.

3.2. Потенциальные ресурсы

Вода – это необычный вид природных ресурсов. До сих пор еще не выработаны четкие критерии их количественной оценки, так как вода динамична, находится в постоянном движении. Ее количество (да и качество) постоянно меняются в пространстве и во времени.

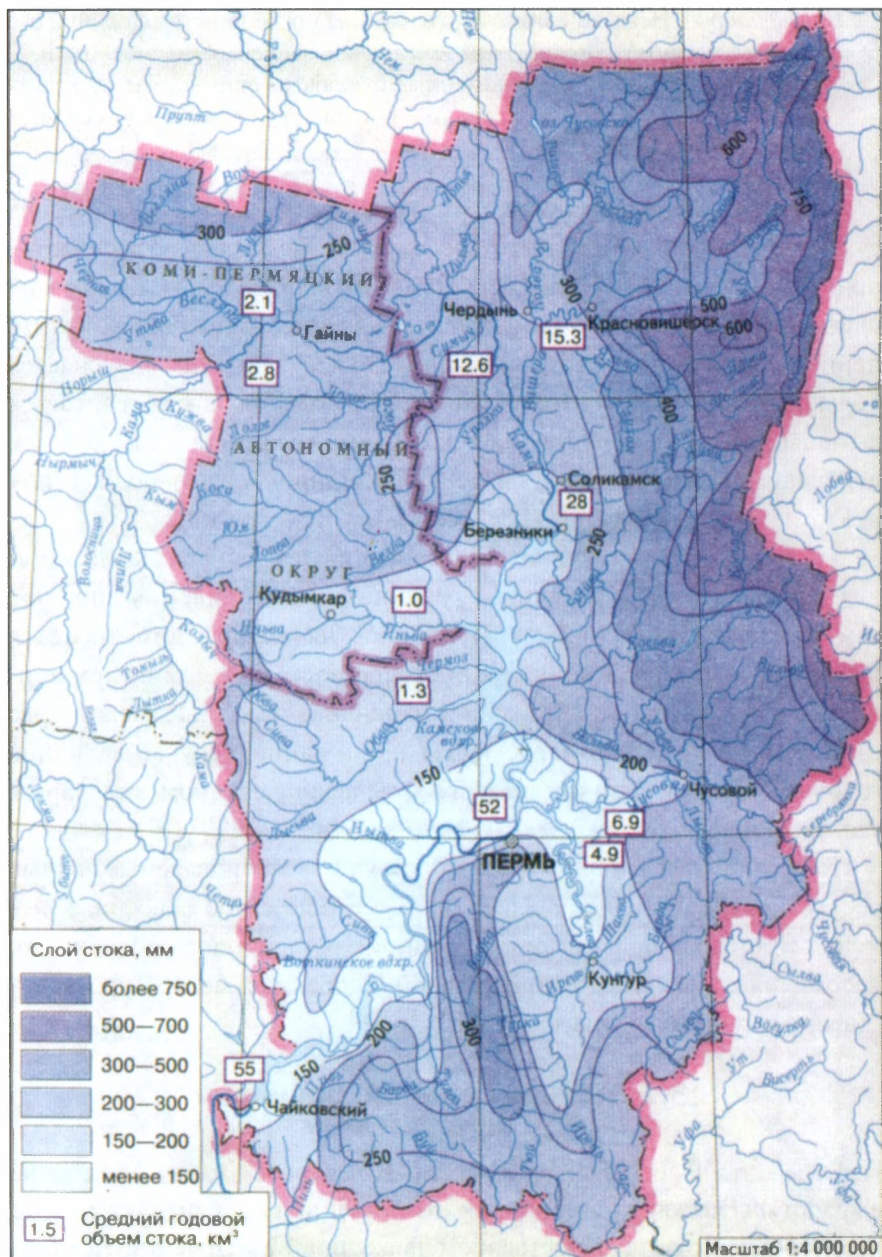


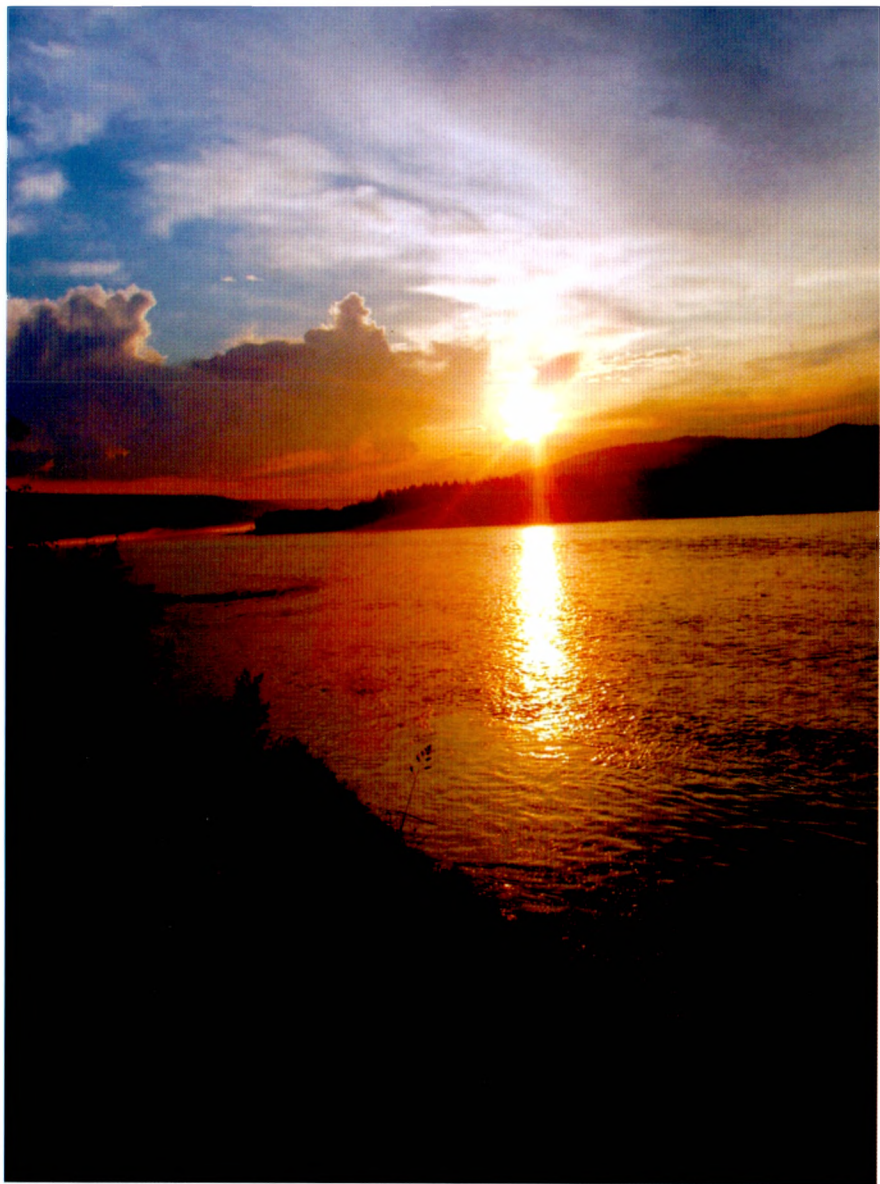
Рис. 3.1. Средний слой (мм) и объем (км³) годового стока рек



Река Кама выше с. Гайны



Река Вишера



Вишерский плес в низовьях реки



На реке Яйве



Река Иньва у села Ивуково



Река Косьва



Река Усьва – в районе заповедника Басеги



Река Усьва



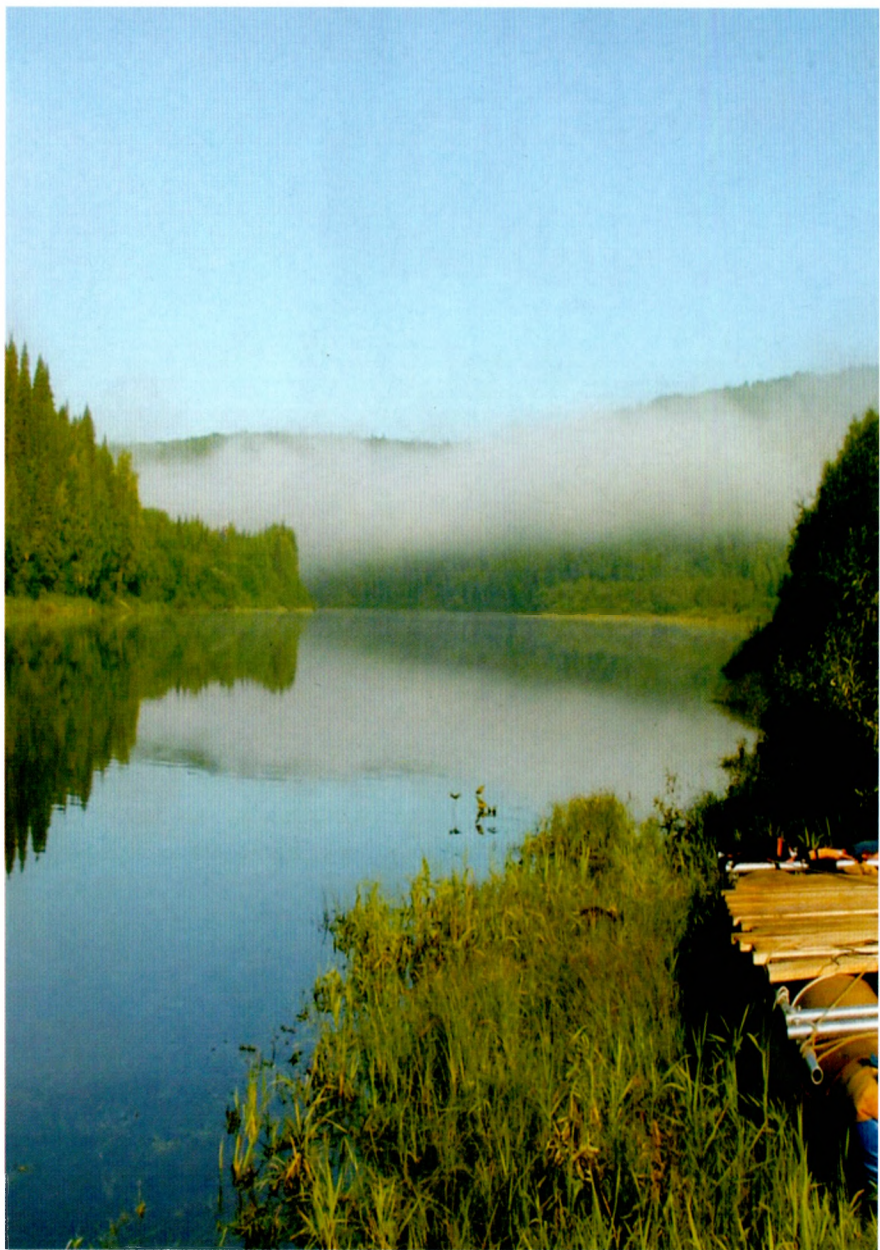
Река Чусовая



Река Обва



Порог на реке Койве



Низовья реки Койвы



Река Сылта



Река Бабка – приток реки Сылвы



Низовья реки Тулвы



Река Быстрый Танып

В водном хозяйстве используются два понятия: *статические запасы вод*, одновременно находящиеся в водных объектах (озерах, реках, ледниках, водоносных горизонтах земной коры), и *возобновляемые водные ресурсы*, которые ежегодно восстанавливаются в процессе круговорота воды на нашей планете. Возобновляемые ресурсы, или речной сток, являются таким образом динамической частью статических запасов воды. Единицы измерения тех и других водных ресурсов различны. Статические запасы воды, при неизменных климатических условиях, считают постоянными и измеряют в объемных единицах (м^3 , км^3), а возобновляемые ресурсы – в объемных единицах, отнесенных к единице времени ($\text{м}^3/\text{с}$, $\text{м}^3/\text{год}$, $\text{км}^3/\text{год}$). Для оценки возобновляемых водных ресурсов принимают среднюю многолетнюю величину годового стока рек.

В пределах Пермского края указанная величина стока составляет $47,6 \text{ км}^3/\text{год}$. С учетом притока речных вод со смежных территорий возобновляемые водные ресурсы оцениваются в $56 \text{ км}^3/\text{год}$. Из них $55 \text{ км}^3/\text{год}$ собирается в русле р. Камы на юге края и $1 \text{ км}^3/\text{год}$ приходится на верховья ряда небольших рек, уходящих за его пределы.

Много это или мало? Если сравнить с нашими «соседями», то немало. Местный, т.е. формирующийся в пределах Пермского края, средний годовой сток практически равен суммарному местному стоку рек всего Волго-Вятского района (Горьковская и Кировская области, Марийская, Чувашская и Мордовская автономные республики) и на 10% больше суммарного стока рек четырех областей Урала (Свердловской, Челябинской, Курганской и Оренбургской). Как распределен объем годового стока по основным рекам Пермского края, можно видеть на приведенном выше рис. 3.1.

С выходом за пределы Пермского края р. Кама пополняется водами Белой, Вятки и ряда других небольших рек. К устью ее средний годовой сток достигает примерно 120 км^3 . Являясь самым полноводным притоком крупнейшей в Европе р. Волги, годовой сток которой превышает 250 км^3 , Кама уступает по водности лишь Дунаю (около $200 \text{ км}^3/\text{год}$) и Печоре ($130 \text{ км}^3/\text{год}$). Даже отдельные крупные притоки Камы

могут равняться по водности со многими широко известными реками. Вишера, например, полноводнее Кубани, Терека, Днестра, Урала.

3.3. Эксплуатационные ресурсы

Итак, Пермский край богат возобновляемыми водными ресурсами. Но если посмотреть на этот вопрос реальнее, то можно увидеть, что годовой сток рек не может быть полностью использован. Это наши потенциальные водные ресурсы. Действительные, или эксплуатационные, ресурсы значительно меньше.

При водохозяйственном проектировании рассчитываются, как показано выше, с разной вероятной повторяемостью необходимые для проекта величины стока. Для гарантированного водоснабжения, например, в расчет берется годовой сток на 30-40% меньше среднегогодового. А далее необходимо учесть неравномерность распределения этого стока внутри года и исходить из расчета стока самого маловодного месяца или предусматривать регулирование стока с помощью водохранилищ. Если к этому добавить безвозвратные потери речных вод в промышленных и сельскохозяйственных циклах, то станет ясным, что оценка эксплуатационных ресурсов – вопрос весьма непростой и понятие о них, как отмечал один из крупных российских гидрологов профессор А.А. Соколов, до сих пор не разработано.

Необходимо практически для каждой реки разработать нормы возможного безвозвратного изъятия из нее воды для всех ее потребителей с тем, чтобы река, как природный объект, не исчезла с лица планеты, сохранилось в ней качество воды и не заилилось ее русло, не исчезли водные и околородные растительные и животные сообщества. И такие нормы необходимо увязывать по всей длине реки с учетом потребностей всех расположенных на ней населенных пунктов и хозяйственных объектов.

Потребность в разработке таких правил водопользования уже давно учитывают в своих исследованиях многие специалисты. В связи с этим появились в теории и в водохозяйственной практике такие понятия, как

санитарные расходы или попуски воды, экологические, ненарушаемые или минимальные допустимые расходы и т.д.

Выдающийся российский гидролог Г.П. Калинин (1970) считал, что для охраны рек от качественного и количественного истощения отбор воды из них может производиться только в период половодья и не более $3/4 - 2/3$ его объема, а меженный сток изымать нельзя, поскольку он формирует реки, как элементы ландшафта. В правилах охраны вод 1965 г. появилась рекомендация о необходимости ограничения водозабора из реки значением минимального месячного расхода 95%-ной обеспеченности. Обосновывались и другие рекомендации ученых, часто исходящие из необходимости решения частных задач (санитарных, транспортных и т.д.). Позднее были разработаны методы, учитывающие комплекс задач водопользования и особенности внутригодового распределения стока реки. Наиболее детально учет этих факторов представлен был в работах профессора И.С. Шахова (г. Екатеринбург). Результатом его исследований явилась методика расчета ненарушаемого гидрографа стока и гидрографа допустимого безвозвратного отбора воды из реки. Приведем для примера последний из них (рис.3.2), представленный в монографии И.С. Шахова [24].

В основу разработки указанной методики И.С. Шахов положил природоохранный аспект в системе «река – окружающая среда». «В реках, – писал И.С. Шахов, – должен оставаться такой объем стока и режим его распределения, при котором они сохраняются как элементы ландшафта, формирующие неповторимый облик нашей планеты, обеспечивают воспроизводство рыбных запасов, продуктивность богарных и пойменных земель, санитарное состояние водных объектов и оптимальные условия для живых организмов в речном бассейне».

Таким образом, уважаемый читатель, мы должны прийти к выводу о том, что безвозвратное изъятие воды из реки должно составлять лишь часть общего объема возобновляемых ресурсов. Но и этой части нам, жителям Пермского края, пока вполне достаточно. Однако необходимо помнить, что дефицит воды становится главной проблемой человечества, и не нефть, и не газ, а вода в XXI в., по мнению многих

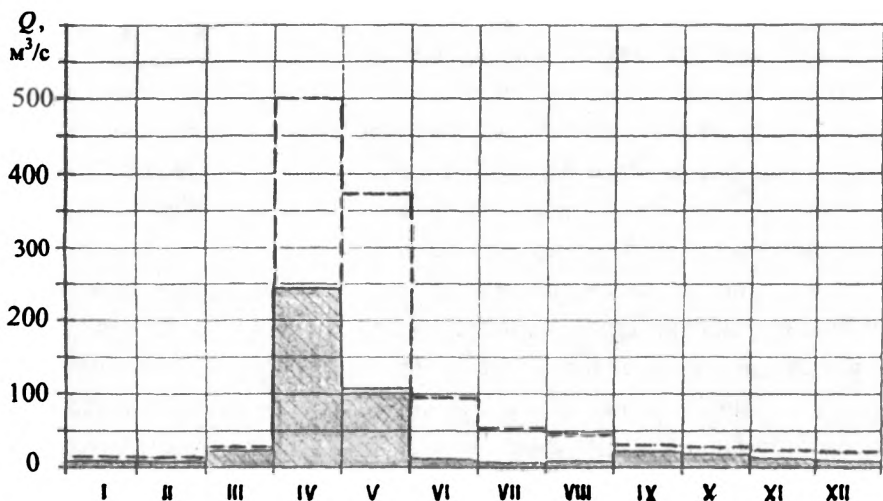


Рис. 3.2. Гидрограф допустимого безвозвратного отбора воды из р. Урал у г. Оренбурга. Пунктиром обозначены естественные средние многолетние расходы воды [24]

ученых и политиков, становится главным стратегическим сырьем. И это действительно так, ибо в последние 50 лет водопотребление в мире возросло в 3 раза и к началу 2010 г. уже 2,4 млрд людей не хватает воды для бытовых нужд и 1,2 млрд – для питья. Поэтому главная наша задача – разумное использование и охрана нашего водного богатства.

4. ЗНАТЬ – ЗНАЧИТ ПРЕДВИДЕТЬ

*Изучая природу прошедших времен,
Можно видеть пути, по которым пройдут
Судьбы мира, еще не открытые нам,
Но живущие в прошлом, как семя в земле.*

Уильям Шекспир

Краткое выражение главной задачи любой науки, вынесенное в название этого раздела, принадлежит выдающемуся русскому ученому Д.И. Менделееву. Действительно, изучая любое явление, мы стремимся познать причины его породившие, и на этой основе постараться предвидеть путь его дальнейшего развития. В полной мере это относится и к изучению гидрологического режима водных объектов. «Интерес человека к гидрологии лежит исключительно в плоскости будущих событий, в плоскости прогнозов», – подчеркивал еще в начале прошлого века выдающийся инженер и ученый, член-корреспондент АН СССР В.Г. Глушков.

Наши далекие предки в гораздо большей степени зависели от проявлений природы, от процессов в атмосфере и гидросфере. Развитие земледелия и возделывание зерновых культур во многих случаях происходило на пойменных землях, орошаемых в период половодий. Низкие половодья, не орошая пойму, оставляли людей без урожая, очень высокие – смывали посевы, разрушали системы орошения и их следствием также был голод в стране. Как уже отмечалось, в долинах Нила, Тигра, Евфрата, Инда, Хуанхе производились в связи с этим наблюдения за уровнем режимом рек, накапливалась и осмысливалась гидрологическая информация. Познав закономерности разлива рек, люди не только усовершенствовали технологию орошения пойменных земель, но и пытались предвидеть, предсказывать характер грядущего паводка. Именно в гидрологии рек впервые проявилась таким образом главная функция науки – предвидение. Такой вывод был сделан известным науковедом, профессором Ю. Каныгиным. На

основе изучения истории древних культур он пришел к заключению: «Время и величина паводков в древнем Египте и Вавилоне вычислялись! Здесь мы впервые сталкиваемся с предсказательной функцией науки, то есть ее основной функцией».

Рассмотрим далее кратко, как же осуществляется сейчас в гидрологии эта функция. Гидрология является главным образом наукой прикладной, результаты ее исследований находят прямое практическое приложение в разных сферах нашей деятельности. И помимо решения задач по накоплению и обобщению информации о гидрологическом режиме водоемов и оперативного доведения этой информации до потребителей главным является разработка и совершенствование методов предвидения. Это предвидение можно разделить на два главных направления: гидрологические прогнозы и гидрологические расчеты.

4.1. Гидрологические прогнозы

Гидрологический прогноз заключается в предвычислении с различной заблаговременностью и степенью точности того или иного элемента или явления гидрологического режима (Гидрологический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 1978). Следует подчеркнуть, что это не простое предсказание, а научно обоснованное предвычисление по определенной методике, разработанной на основе знания закономерностей развития гидрометеорологических процессов, определяющих режим конкретного водного объекта. Знание это формируется в процессе анализа материалов многолетних гидрологических и метеорологических наблюдений, а также при проведении специальных натурных исследований. Следовательно, гидрологический прогноз, в отличие от других менее конкретных видов оперативной информации, может составляться только по тем водным объектам, которые достаточно изучены и по которым указанные наблюдения продолжаются.

По признаку заблаговременности гидрологические прогнозы делятся на краткосрочные, с заблаговременностью до 15 сут., и долгосрочные – до нескольких месяцев. С большей заблаговременностью (до 1-2

лет) прогнозы выполняются некоторыми учеными лишь в опытном порядке и, как было отмечено выше, не всегда оправдываются. По характеру предсказываемых элементов режима гидрологические прогнозы делят на водные (величина и время наступления характерных расходов и уровней воды за различные календарные периоды) и ледовые (сроки вскрытия и замерзания водных объектов).

Методы прогноза различных характеристик водного и ледового режима рек разрабатываются Российским гидрометеорологическим центром, находящимся в г. Москве. На основе этих методов составляют региональные методики, учитывающие специфику местных природных условий. Долгосрочные прогнозы Росгидрометцентра для рек Среднего Урала детализируются Уральским Гидрометцентром, который находится в г. Екатеринбурге. Пермский Гидрометцентр составляет лишь краткосрочные прогнозы водного и ледового режима исследуемых рек Пермского края. Как долгосрочные, так и краткосрочные прогнозы постоянно уточняются по мере поступления новой информации об изменениях, происходящих как в атмосфере, так и на водных объектах.

Помимо составления гидрологических прогнозов Пермский Гидрометцентр систематически информирует руководство края и различные хозяйственные службы о текущем состоянии водных объектов. Кроме того, Гидрометцентр по конкретным запросам может выдавать еще два вида информации: справки и консультации. Если на реках производились какое-то время наблюдения, а в настоящее время гидрологический пост закрыт, Гидрометцентр может по заявке потребителя выдать *справку*, содержащую основные результаты проведенных ранее наблюдений, которая может дать ориентировочное представление об особенностях режима реки и на предстоящее время. В том случае, когда потребителя интересует прогноз предстоящей гидрологической ситуации на реке, по которой нет никаких материалов наблюдений, гидролог-прогнозист может дать *консультацию*, т.е. ориентировочное представление, основанное на учете складывающейся и прогнозируемой ситуации как в атмосфере, так и на изучаемых реках-аналогах.

Человек, жизнь которого теснейшим образом связана с реками, сложил о них пословицы, не только восхваляющие водную стихию, но и предупреждающие об опасных ее проявлениях. «Где вода – там и беда», «От воды – всегда жди беды», – говорят в народе. И это действительно так. В режиме рек наступают иногда такие проявления, которые могут нанести большой урон хозяйству, а также угрожают жизни людей. «Ласкает, нежит и терзает нас своей случайной прихотью природа», – написал в одном из своих сонетов В. Шекспир.

Угрожающих нам, «терзающих» прихотей у наших рек достаточно много. Их называют *особо опасными явлениями* (ООЯ). К гидрологическим ООЯ относятся прежде всего высокие и очень низкие расходы и уровни воды. Высокие приводят к затоплению пойменных земель, разрушают гидротехнические сооружения и мосты, размывают дороги, повреждают здания, приводят к порче технического оборудования и т.д. Низкая водность в реках создает сложности с водоснабжением населения, промышленности и сельского хозяйства, затрудняет работу транспорта на судоходных реках, снижает выработку электроэнергии на ГЭС. Об угрозе наступления таких явлений Гидрометцентр обязан информировать все организации и ответственные лица, а в особо опасных случаях – и все население.

На реках Пермского края самыми опасными являются, конечно, высокие катастрофические весенние половодья. Большие запасы снега, скопившиеся за зиму, и интенсивное их таяние весной приводят к резкому увеличению притока талых вод в реки, повышению в них уровня воды. Вешние воды не вмещаются тогда в русло и разливаются по пойме. А на поймах рек – наши деревни, села и города, фабрики и заводы. Своевременное предупреждение о таких половодьях позволяет намного сократить потери, спасти жизнь людей.

Спрашивается: зачем же люди, зная опасные проявления в режиме реки, поселяются на ее пойме? Наверное, всем понятно, что плюсов расположения населенных пунктов и хозяйственных объектов в непосредственной близости от реки гораздо больше, чем минусов. Мы, следовательно, заранее знаем, на какой риск идем.

К примеру рассказывают, что старожилы г. Кунгура, заранее зная о возможности наступления высоких половодий, привязывали свои дома

к деревьям с тем, чтобы их не унесло высокими внешними водами. Заметим, что высокие подъемы уровней воды в районе Кунгура явление не так уж редкое. Здесь в р. Сылву впадают крупные притоки Ирень и Шаква. И в годы с интенсивным и одновременным таянием снегов в бассейнах всех этих рек происходит сложение отдельных волн половодья в одну большую высокую волну. В некоторых случаях, как отмечалось ранее, ситуация усугубляется затором льда ниже Кунгура. А пойма Сылвы и Ирени в черте города постепенно застраивается высокими домами и заводскими корпусами. Потери от высоких половодий в связи с этим возрастают и в итоге принимается решение об ограждении русел этих рек в черте города дамбами.

Решение о сооружении земляных дамб в Кунгуре из местного грунта было принято Пермским областным комитетом в 1965 г. Общая длина дамб была определена в 10-12 км. Однако ряд прошедших в последующие годы высоких половодий показал, что расчетная высота гребня дамб, а также их длина оказались недостаточными, в связи с чем почти втрое была увеличена длина дамб и периодически производилась их подсыпка. Особенно критическая ситуация сложилась в Кунгуре весной 1979 г., когда в нескольких местах дамбы были прорваны, под водой оказались промышленные предприятия, школы, магазины и т.д. Было затоплено свыше 2350 домов. На защиту города было мобилизовано 25 тыс. чел., 400 автомашин, в дамбы было дополнительно уложено 275 тыс. м³ грунта и более 100 тыс. мешков с песком.

До настоящего времени продолжается борьба населения г. Кунгура с реками. Производится на некоторых участках дополнительное повышение гребня дамб, осуществляются меры защиты их склонов от разрушения внешними водами. И, видимо, исход этой ситуации трудно предопределить, ибо слишком сложны и непостоянны во времени условия формирования в этом гидрологическом узле весенних половодий. Ситуация в перспективе может быть еще более осложнена заилинием русел рек, стесненных дамбами. Кратковременные исследования кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов Пермского государственного университета, выполненные в конце прошлого столетия, показали, что

стеснение русел дамбами, а также влияние Чусовского плеса Камского водохранилища может стимулировать этот процесс. Следовательно, по мере заиливания русел могут быть все более высокими половодья, что потребует наращивания высоты и увеличения длины дамб, делая все более катастрофичными случаи их возможного прорыва. Реальную угрозу такого ООЯ для г. Кунгура позволит выяснить проведение детальных гидрологических исследований. На их основе можно осуществлять с достаточной заблаговременностью и прогноз развития этих опасных гидрологических явлений. И всегда важен для Кунгура гидрологический прогноз на ближайшую весну.

Страдал в давние времена от наводнений и наш г. Пермь, пока не была сооружена в русле р. Камы выше города плотина Камской ГЭС. Катастрофическим для Перми и многих других мест Пермского края было половодье 1914 г., когда во время прохождения его пика расход воды составлял 18 тыс. м³/сек. По воспоминаниям старожилов вода подходила тогда к зданию вокзала Пермь I, а многие районы на пойме были затоплены. Плавали на лодках, в частности, и там, где сейчас располагается Пермский государственный университет. Вот как оценивались последствия для города этого наводнения в № 23 «Пермской земской недели»: «... По интенсивности, и по последствиям, и по району, охваченному разливом, и по числу пострадавших, наводнение оказалось в высшей степени разрушительным. По сумме опустошений, им произведенных, по их значению в экономической жизни населения и, наконец, по общей численности лиц, на которых оно обрушилось, — это наводнение не имеет себе равных в прошлом...». А ведь в 1979 г. максимальный приток воды в Камское водохранилище был даже более 18 тыс.м³/с. Немногим уступают этому и высокие половодья ряда последующих лет (1990, 1993, 1994 гг.). Трудно представить, какой урон они могли нанести нынешней многократно разросшейся Перми, если бы не было плотины Камской ГЭС.

При наличии этой плотины пермякам стало жить, конечно, спокойнее, но только не тем, кто связан с эксплуатацией Камского гидроузла и держит руку на пульсе рек Камского бассейна. Пропуск через створ плотины волны высокого половодья представляет весьма сложную задачу, и регулярные прогнозы приточности в водохранилище играют важную

роль в ее решении. В чем же заключается эта сложность? Дело в том, что полезный (регулирующий) объем Камского водохранилища составляет 9,2 км³, а за многоводную весну в него поступает до 35 км³ и более. Следовательно, на заполнение сработанного за зиму водоема идет лишь небольшая часть весеннего притока, а основной его объем необходимо успеть пропустить через створ ГЭС. Для решения этой задачи, с учетом гидрологического прогноза, разрабатывается график пропуска волны половодья. Прежде всего, водохранилище желательно сработать до минимального проектного горизонта. А для этого необходимо знать дату начала притока в водоем внешних вод, так как минимальный санитарный попуск в нижний бьеф нужно обеспечивать постоянно. В последующем нужно иметь прогноз режима приточности в водохранилище.

В связи с этим интересно отметить, как формируется эта приточность. Основная часть притока воды в Камское водохранилище осуществляется, помимо самой Камы, за счет стока рек Вишера, Яйва, Косьва, Иньва, Обва и Чусовая с Сылвой. Нижние гидростворы на всех этих реках замыкают 84% водосборной площади и по анализу имеющихся по ней данных можно судить о режиме всей приточности. Распределение приточности по указанным рекам рассмотрим на примере средних многолетних данных за год и четыре весенне-летних месяца (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Средний многолетний сток рек в % от их суммарного стока

Река	Пункт наблюдения	Площадь бассейна, %	Год, км ³	Объем стока, %			
				IV	V	VI	VII
Кама	Бондюг	32,8	25,2	19,4	29,1	26,3	23,2
Вишера	Рябинино	22,0	33,4	16,1	31,7	43,2	38,8
Яйва	Усть-Игум	4,0	6,8	6,9	6,6	6,6	6,2
Косьва	Останино	4,4	6,1	5,7	5,3	6,1	6,1
Иньва	Слудка	7,6	4,4	12,4	3,7	2,0	3,3
Обва	Рождественское						
Чусовая	Лямино	15,2	14,0	19,7	15,2	10,2	13,6
Сылва	Подкаменное	14,0	9,9	19,7	8,4	5,6	8,8

Как видно из табл. 4.1, доля стока отдельных рек в общей годовой приточности в водохранилище неодинакова, она особенно сильно меняется в весенне-летний период. Фронт весеннего снеготаяния, продвигаясь с юга на север, охватывает прежде всего бассейн р. Сылвы и верхней части р. Чусовой. Поэтому для определения даты начала заполнения водохранилища важен прежде всего прогноз даты повышения стока этих рек. Доля их в апреле составляет почти 40% приточности в водохранилище, а в первые пять дней она достигает до 70%. Таким образом, весеннее наполнение Камского водохранилища происходит главным образом с юга, через Чусовской его плес. Верхняя Кама и Вишера поставляют в апреле лишь по 20-30%. Довольно заметный вклад в апреле вносят и реки правобережья Средней Камы – Иньва и Обва, тогда как в другие периоды влияние их стока мало заметно. С продвижением теплого фронта на север в мае и июне резко увеличивается доля притока как Верхней Камы, так и горных рек левобережья в ее средней части. Остается довольно значительной доля стока и р. Чусовой за счет ее правобережных горных притоков.

Таким образом мы наблюдаем интересную картину рассредоточенности во времени и пространстве общего притока в водохранилище весной и в начале лета. Однако в годы резкого и интенсивного потепления и бурного снеготаяния этот эффект рассредоточенности значительно снижается, и приток в водохранилище внешних вод с большой площади начинает происходить очень быстро. Создается таким образом опасная ситуация. И в правильно рассчитанном графике пропуска волны высокого половодья через створ ГЭС опять же большую роль играют своевременные гидрологические прогнозы.

И если вновь вернуться к событиям 1979 г., то следует вспомнить, что в период максимального притока воды пришлось сбрасывать в нижний бьеф гидроузла по 10,5 тыс. м³/с, что привело к подтоплению ряда объектов на камской пойме в черте города. Благодаря правильно выбранному графику пропуска столь высокого половодья его максимальный расход удалось уменьшить на 45%, а максимальный уровень снизить на 3 м. Поэтому ущерб хозяйству г. Перми составил лишь около 5% общего ущерба, причиненного половодьем этого года на других

реках Пермского края. Пример подобного регулирования стока высокого половодья 2001 г. можно видеть на рис.4.1.

Особая опасность может возникать на реках Пермского края и при формировании высоких дождевых паводков. Как уже отмечалось ранее, они формируются интенсивными ливнями в летнее время, которые обычно локальны, т.е. охватывают одновременно относительно небольшие площади. Пики паводков на малых реках поэтому часто бывают выше максимальных уровней весенних половодий. Практически все малые реки в гидрологическом отношении не изучены да и пути прохождения ливневых фронтов тоже часто неведомы, в связи с чем методики прогноза дождевых паводков для наших рек пока не существует. Осуществляются лишь в общем виде предупреждения о возможных негативных последствиях возникновения этих явлений.

К категории особо опасных относятся также практически все ледовые явления на реках, однако на реках нашего края они почти никогда не приводят к катастрофическим последствиям.

Тем не менее для водного транспорта важное значение имеют прогнозы сроков начала процессов вскрытия рек ото льда, а также сроки начала осенних ледообразований, которые позволяют своевременно начать навигацию весной и успеть увести суда в пункты зимнего отстоя осенью.

Особая опасность на берегах рек Пермского края, протекающих в рыхлых легко размываемых грунтах, может возникать при резких изменениях формы их русел, подмыва и отступания берегов, разрушения расположенных на них сооружений. Однако прогнозировать масштабы и сроки проявления таких явлений очень сложно, они учитываются лишь на стадии проектирования.

Перечень рассмотренных здесь гидрологических ООЯ, конечно, не полон. В иных природных условиях на первый план часто выходят другие процессы. Так, для высоких горных систем к категории ООЯ относятся селевые паводки, а также снежные лавины. Однако уже из перечисленных выше опасных проявлений нрава наших рек можно заключить, что гидрологические прогнозы играют весьма важную роль в снижении потерь от ООЯ, а часто и в спасении жизни людей. Рабо-

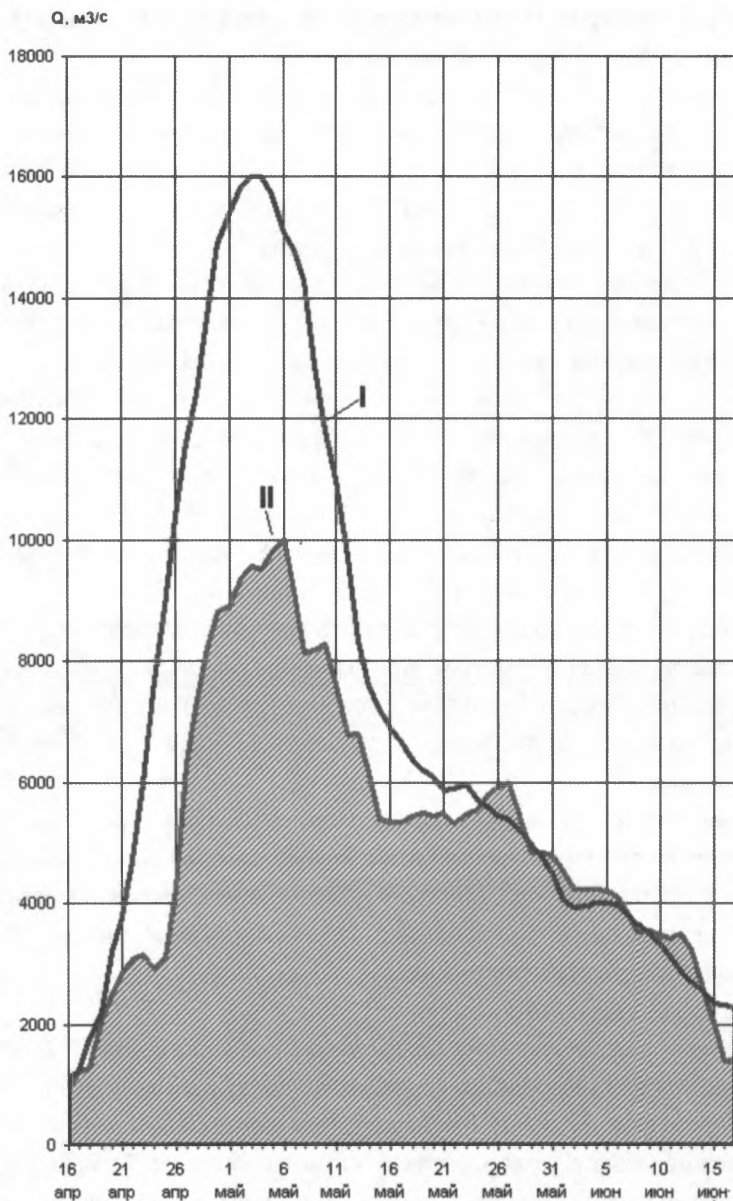


Рис. 4.1. Приток воды в Камское водохранилище (I) и сброс воды в створе ГЭС (II) в период половодья 2001 г.

та гидролога-прогнозиста, таким образом, очень интересна, так как он постоянно держит руку на пульсе водных артерий, всегда в курсе происходящих и грядущих событий.

Заметим, что работа гидролога-прогнозиста, разрабатывающего новые методики прогноза, или совершенствующего уже имеющиеся, чрезвычайно трудна. Поэтому неизбежны и ошибки в прогнозах. Рассмотрим сложность работы прогнозиста на примере составления методики прогноза максимального расхода весеннего половодья.

Читатель сразу скажет, что высота половодья будет зависеть от запасов снега, скопившегося за зиму в бассейне реки, вернее, от запасов воды, содержащейся в снежном покрове. И он будет прав. Но только частично прав. Наблюдательный человек отметит, что все еще будет зависеть от того, какой будет весна. И он тоже будет прав, но тоже не полностью.

Следует, конечно, начать с главного – запасов воды в снежном покрове к моменту начала его таяния. Но как его определить, этот общий запас влаги? Высоту и плотность снежного покрова измеряют на метеорологических станциях, а станций этих не так уж много. Для равнинного бассейна можно принять среднюю величину из результатов наблюдений нескольких станций. В горах эти станции (если они вообще есть) обычно располагаются в долинах рек и не могут дать сведений по всему бассейну. В этом случае часто используется относительная величина снегозапасов, т.е. степень отклонения их от средней многолетней. Как видим, уже в оценке главного фактора формирования весеннего половодья существуют источники возможных ошибок прогноза.

Важное значение в определении масштабов весеннего половодья имеет состояние водосборного бассейна реки в предшествующий период – осенью и зимой. Дело в том, что половодье формируется лишь частью воды, содержащейся в снеге, и часть эта, или коэффициент стока талых вод, довольно сильно меняется. Относительно сухая осень позволяет прогнозисту предполагать повышенную фильтрацию талых вод в почвогрунты и, наоборот, сильно увлажненные с осени и промерзшие зимой грунты – это фактор, способствующий снижению по-

терь на фильтрацию, а значит, значительному повышению коэффициента весеннего стока.

Следующий фактор – это количество атмосферных осадков, выпадающих уже во время снеготаяния, которое довольно продолжительно. Выпадающие в этот период дожди, особенно интенсивные в горных бассейнах, значительно увеличивают максимальные расходы половодья как за счет дополнительного объема влаги, так и в связи с ускорением процесса снеготаяния.

И, наконец, еще один очень важный фактор – режим температуры воздуха в весенний период. Невысокие положительные значения температуры, временные похолодания формируют на реках низкое растянутое, с несколькими относительно небольшими пиками половодье. И, наоборот, при тех же снегозапасах дружная весна с устойчиво высокой температурой воздуха способствует интенсивному снеготаянию на обширных площадях и бурному притоку талых вод в реки. Ярким примером этому могут служить половодья 1969 и 1979 гг. По данным Пермского Гидрометцентра запасы воды в снежном покрове к моменту начала его таяния в бассейне р. Камы были практически равными и составляли в эти годы примерно 230 и 220 мм, значительно превышая норму. Объемы половодий в эти годы также существенно не различались и достигали 36-38 км³. Однако пики половодий были совершенно разными. О максимальном притоке воды в Камское водохранилище весной 1979 г. было уже сказано. Он превышал 18 тыс. м³/с, а при растянутом половодье 1969 г. максимум был лишь около 10 тыс. м³/с. Причина всему – различный тип весны, разная интенсивность снеготаяния.

Как видим, гидрологам-прогнозистам нужно учитывать при составлении прогноза большое количество различных факторов и часть из них, таких как атмосферные осадки и температура воздуха в период снеготаяния, только в виде прогноза. В последующем, по мере поступления метеорологической информации, прогноз постоянно уточняется, но в первоначальной форме гидрологический прогноз – это в значительной мере прогноз по прогнозу. Естественно, добавляется при этом и число источников ошибок, или погрешностей прогноза.

Таким образом, работа гидролога-прогнозиста не только сложна, интересна, но и очень ответственна, ибо погрешности в прогнозах могут приводить к очень серьезным негативным последствиям. Но ведь и абсолютно точный прогноз, который бы оправдался на все 100%, как видим, осуществить практически невозможно. Как же оценить его качество? При составлении методики прогноза конкретного явления гидрологического режима по какому-либо водному объекту по специальной методике определяются пределы допустимых погрешностей. Прогноз, выданный с ошибкой в указанных пределах, считается оправдавшимся. Долгосрочные гидрологические прогнозы, до сокращения сети гидрометеорологических наблюдений, оправдывались на 75-80%, а точность краткосрочных прогнозов достигала 95-98%. Выходы погрешностей за указанные пределы могут иметь для народного хозяйства и жизни людей разные последствия. Например, в 70-х гг. прошлого столетия неожиданно малым оказался весенний приток в водохранилища Волго-Камского каскада, что нарушило планы выработки электроэнергии. Причины ошибки прогноза оказались в недоучете особенностей осенне-зимнего периода. Почвогрунты к весне были достаточно сухими и слабо промерзли; в итоге – большая потеря талых вод на фильтрацию, низкий коэффициент весеннего стока.

Случаются серьезные ошибки прогнозистов-гидрологов из-за ошибок синоптиков – специалистов по прогнозам погоды. Вот один очень наглядный пример. Осенью 1974 г. синоптики дали ошибочный долгосрочный прогноз хода температуры воздуха. Поэтому неожиданным оказалось наступление в Сибири очень сильного раннего похолодания. На реках начался интенсивный ледоход, быстро перешедший в ледостав. Гидрологи, соответственно, не смогли об этом предупредить службы водного транспорта. Особенно острая ситуация сложилась на Нижнем Енисее, где сотни судов, оказавшись в ледовом плену, не смогли вернуться на базы зимнего отстоя. Около двухсот судов сумели укрыться в енисейской протоке у г. Игарка и там зазимовали. Но нигде было укрыться 75 судам, скованным льдом у г. Дудинка – порта, через который снабжаются г. Норильск и Норильский горно-металлургиче-

ский комбинат. Весной ледяными полями двухметровой толщины суда могло вынести в Карское море. Началась героическая эпопея по спасению судов. Холод, многолетняя мерзлота, приближающаяся полярная ночь. В этих условиях начали рыть гигантский котлован для создания искусственной гавани. До весны успели выколоть изо льда и завести в эту гавань все суда. Какой ущерб понесло в ту зиму хозяйство нашей страны, трудно даже предположить.

4.2. Гидрологические расчеты

Гидрологические расчеты являются одним из основных разделов гидрологии, в задачу которых входит разработка методов, позволяющих рассчитать величины различных характеристик гидрологического режима, как средних, так и величин различной вероятности их повторения в будущем. Здесь мы кратко рассмотрим лишь раздел, касающийся расчетов стока воды рек. Расчеты эти необходимы для составления проекта любого сооружения, которое будет так или иначе связано с рекой. Инженеры-гидрологи должны представить для проекта необходимые сведения о режиме реки, проявления которого следует ожидать в будущем, в период эксплуатации проектируемого объекта.

В настоящее время слово проект стало дежурным и употребляют его для благозвучного определения любого незначительного мероприятия, любого «куриного» шага. В действительности, проект – это очень солидный многотомный документ, в котором изложены в тексте и отображены на чертежах мельчайшие детали всех частей проектируемого объекта, всех технологических циклов его функционирования. Может быть, в настоящее время объем проектной документации, представленной в бумажном варианте, сократился, но количество необходимой информации, конечно, остается прежним, если не увеличивается. В 80-х гг. прошлого столетия в периодической печати промелькнул по этому поводу любопытный пример. Комплект проектной документации американского самолета «Боинг» весил больше, чем сам проектируемый самолет. Теперь читатель лучше может представить, какое

большое число специалистов разного профиля работает над составлением проекта. А если проектируются, например, металлургический завод, шахта, кондитерская фабрика, сколько разных вопросов необходимо предусмотреть, просчитать, экономически оценить в проекте.

Отметим, что у нас в стране существует сеть специализированных проектных институтов, таких как Гидропроект, Теплоэлектропроект, Гипроречтранс (ГИПРО – государственный институт по проектированию) и т.д. Первые проектируют гидравлические электростанции, вторые – тепловые и атомные, третьи – объекты речного транспорта и т.д. В г. Перми есть институт Гипроводхоз, проектирующий различные объекты водного хозяйства. В Екатеринбурге работает Уральский филиал института Теплоэнергопроект. Всем перечисленным институтам, как и многим другим, необходимы результаты гидрологических расчетов.

Основой для выполнения гидрологических расчетов служат материалы многолетних наблюдений за режимом рек, осуществляемых подразделениями гидрометеорологической службы, которых чаще всего бывает недостаточно. То объект располагается на берегу или в русле реки далеко от гидрологического поста, то на этой реке наблюдения за ее режимом, вообще, не производились. Поэтому в составе проектных институтов имеются отделы гидрологии, которые не только выполняют расчеты, и, главным образом, проводят гидрологические изыскания. Изысканиями называют экспедиционные (натурные, полевые) работы по изучению площадки проектируемого объекта и примыкающей к ней территории. Гидрологи изучают режим водного объекта, геологи – характер грунтов и режим подземных вод, метеорологи – особенности местного микроклимата, топографы составляют детальные планы местности. Все эти направления работ и производятся отделами инженерных изысканий. Объем и продолжительность их определяются конкретными программами.

Наиболее надежными являются, конечно, те результаты расчетов речного стока, которые выполнены на основе материалов многолетних гидрологических наблюдений. Однако это «многолетие», к сожалению,

очень невелико. Чаще в таких случаях мы располагаем рядом наблюдений в несколько десятков лет. А для таких серьезных сооружений, как Камская ГЭС, необходимо оценить важные элементы водного режима повторяемостью один раз в 1000 лет, т.е. в 0,1%. На помощь в этом случае призывается теория вероятности и математическая статистика. Рассмотрим последовательность расчетов на конкретном примере.

Пусть нам необходимо для проектирования крупного промышленного предприятия в пос. Усьва оценить основные параметры годового стока одноименной реки. В указанном месте на р. Усьве функционирует гидрологический пост и в нашем распоряжении имеются сведения о средних годовых расходах воды за 40 лет. Из этих сведений при предварительном их анализе можно оценить среднюю многолетнюю величину годового стока, а также его изменчивость от года к году. Получаем, что средняя величина годового стока р. Усьвы равняется здесь $30,7 \text{ м}^3/\text{с}$, средняя величина отклонений от этой величины составляет 22%. Мы также можем отметить, что один раз за 40 лет наблюдений средний годовой сток достигал $46 \text{ м}^3/\text{с}$ и один раз в самом маловодном году – всего лишь $17 \text{ м}^3/\text{с}$.

Однако для проектирования серьезного сооружения такой повторяемости экстремальных значений годового стока явно недостаточно. Поэтому необходимо вычислить значения стока более редкой повторяемости: один раз в 100 и 1000 лет или вероятности превышения, равной 1 и 0,1%. Для решения этой задачи выполняются следующие расчетные операции. Имеющийся 40-летний ряд фактических (эмпирических) данных о средних годовых расходах воды ранжируется и эмпирические точки после этого наносятся на специальную клетчатку с логарифмическим масштабом горизонтальной оси (рис.4.2).

Как видно из приведенного рисунка, поле эмпирических точек образовало плавную почти прямую линию, концы которой можно продлить (экстраполировать) для нужных нам значений. Для этого по специальной методике подбирается такое математическое уравнение кривой (получившей название теоретической), которая бы в наибольшей степени соответствовала контуру эмпирических точек. Выполнив эти

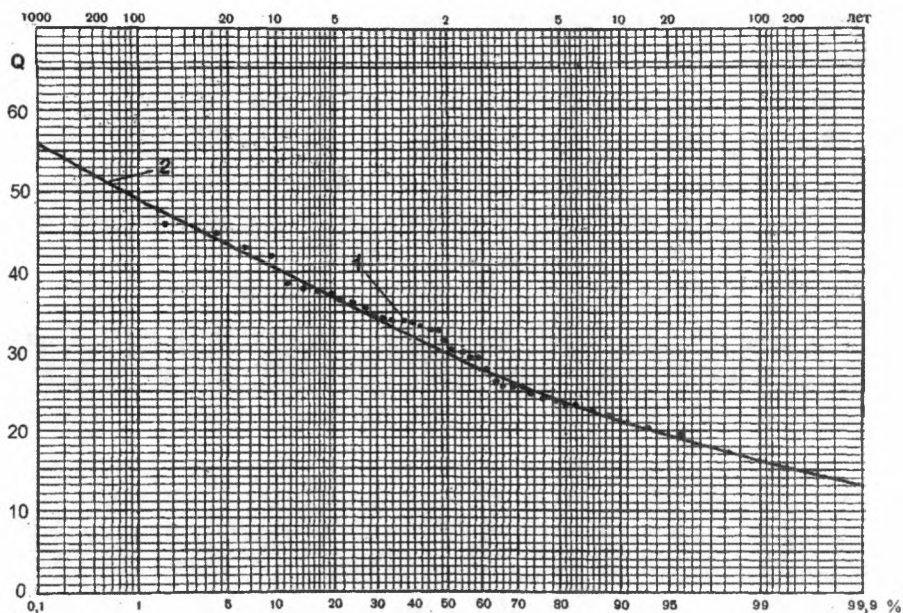


Рис. 4.2. Вероятность превышения (%) и повторяемости (лет) среднегодовых расходов воды (Q м³/с) реки Усьва у пос. Усьва:
1 – эмпирические данные, 2 – теоретическая кривая

операции, получаем в нашем случае значения годового стока повторяемостью один раз в 100 и 1000 лет для многоводных лет (1 и 0,1%) 49 и 56 м³/с, а для маловодных (99 и 99,9%) – всего лишь 16 и 13 м³/с. Аналогичным способом оцениваются величины максимального и минимального стока, также необходимые для проектирования.

Оценивая изложенным способом экстремальные значения стока реки с заданной вероятностью их превышения, мы составляем таким образом прогноз на далекое будущее, не зная, к сожалению, конкретного времени наступления прогнозируемых величин. Однако для оценки параметров проектируемого сооружения, обеспечения его прочности и надежности в эксплуатации такая форма предвидения крайне необходима.

Все казалось бы хорошо. И многие годы подобным образом обеспечивались гидрологической информацией проекты сотен и сотен

различных сооружений. Решались эти задачи исходя из того, что многолетние колебания водного режима рек представляют собой стационарный процесс, а отклонения от средних величин будут происходить в тех же пределах, что и в период наших наблюдений. Но, как было ранее отмечено, в последние годы в атмосфере и гидросфере начали происходить процессы, которые заставляют вносить в методы гидрологических расчетов существенные коррективы. Значительно возросло и влияние на речной сток хозяйственной деятельности.

Сложнее получить параметры теоретической кривой распределения характеристик водного режима реки по ряду наблюдений, не превышающему 10-15 лет. Приходится подбирать более изученные реки-аналоги со сходным режимом и дополнительно привлекать по ним информацию для расчетов. Однако наиболее часто инженерам-гидрологам приходится выдавать проектантам необходимую информацию по неизученным рекам, которых великое множество. Практически все малые реки Пермского края в гидрологическом отношении не изучены, а через них нужно перекидывать новые мосты, разного рода трубопроводы и линии электропередач, строить на их берегах водозаборы, создавать пруды и т.д. И во всех случаях нужна оценка основных параметров режима стока и уровней воды. Спасает в этом случае гидрологов закон географической зональности и метод гидрологической аналогии. По данным об изученных равнинных реках строятся картосхемы пространственного распределения элементов их режима и методом интерполяции они определяются для конкретной неизученной реки. В горных районах используется для этой цели закономерность возрастания с высотой местности атмосферных осадков и стока рек. В этих случаях для контроля обязательно необходимо произвести на реке хотя бы кратковременные гидрологические наблюдения.

Ответственность инженера-гидролога за выданные для проекта расчетные гидрологические характеристики также очень высока. Вот даже такой простой пример. Проектируется дорога, пересекающая глубокий овраг. Переход дороги через него намечается сделать отсыпкой дамбы. В основании дамбы необходимо заложить трубу для пропуска талых и

дождевых вод. Диаметр трубы выбирается исходя из расчетного значения максимального расхода воды. Завышение этого расхода приведет к ненужным дополнительным затратам на закладку трубы большего диаметра, а занижение может привести к прорыву дамбы высоким паводком. Именно так случилось в России летом 1882 г., когда еще отсутствовали надежные методы расчетов максимального стока. В районе станции Кукуевка Московско-Курской железной дороги произошла, вошедшая в историю, Кукуевская катастрофа. Обильный и продолжительный ливень сформировал катастрофические паводки. Один из них, не вместившись в ливневую трубу, подмыл насыпь железной дороги, пересекавшей очень глубокий овраг, и она развалилась под тяжестью проходящего по ней пассажирского поезда. Большая часть вагонов, обрушившихся в овраг, была залита затем наплывшей жидкой глиной [5].

Природные условия формирования на реках особо опасных гидрологических явлений в нашей стране настолько разнообразны, что и в настоящее время осуществляются исследования для уточнения методов прогнозов и расчетов для проектирования, строительства и эксплуатации различных хозяйственных объектов.

5. РЕКИ-ТРУЖЕНИЦЫ

*Нигде на всем свете не имел место факт
развития цивилизации вне речной среды...*

Л.И. Мечников

«Поилицей» и «Кормилицей» назвал неизвестный поэт нашу Каму. Вместе с тем многочисленные притоки Камы, все реки Пермского края с давних-давних времен не только служили людям и поилицами, и кормилицами, но и использовались как пути сообщения. Именно по рекам проникали люди в неведомые пока земли, по ним проходили и торговые пути и вторгались с оружием чужеземцы. Много веков прошло с тех пор, когда и в наших пермских краях люди стали использовать энергию речного потока. Сделаем краткий обзор некоторых направлений работы рек-тружениц.

5.1. Энергия речного потока

Первыми энергетическими установками в Прикамье были водяные мельницы. Река перегораживалась плотиной, поднимался уровень воды выше неё и поток воды из образовавшегося пруда падал на лопатки водяного колеса. От колеса энергия передавалась на вращающиеся каменные жернова, истиравшие зерно в муку.

С развитием на Урале металлургической промышленности в XVII в. на реках стали создавать более крупные пруды с большим напором воды, вращающей заводские механизмы. Сила падающей воды была до конца XIX в. единственным источником энергии для работы заводов и количество производимого металла на них часто менялось в соответствии с колебаниями водности рек. Ряд крупных заводских прудов был создан и в Пермском крае, многие из них существуют и поныне. Сведения о наиболее крупных заводах приведены в разделе 1.1. Из других старых прудов площадью более гектара следует упомянуть самый «древний» Суксунский пруд (1729 г.), а также Павловский на р. Очер. Во второй

половине прошлого столетия были созданы два крупных пруда на реке Зырянке в г. Березники (площадь того и другого 420 га), а также пруд на р. Тюсь в г. Добрянке площадью 184 га. Самым крупным в Пермском крае с самой большой плотиной на Урале был Чермозский пруд (площадь около 20 км² и полный объем около 60 млн м³). С созданием Камского водохранилища он стал частью его акватории. Сейчас завершаются работы по отчленению его от водохранилища, т.е. возвращению Чермозскому пруду прежнего статуса.

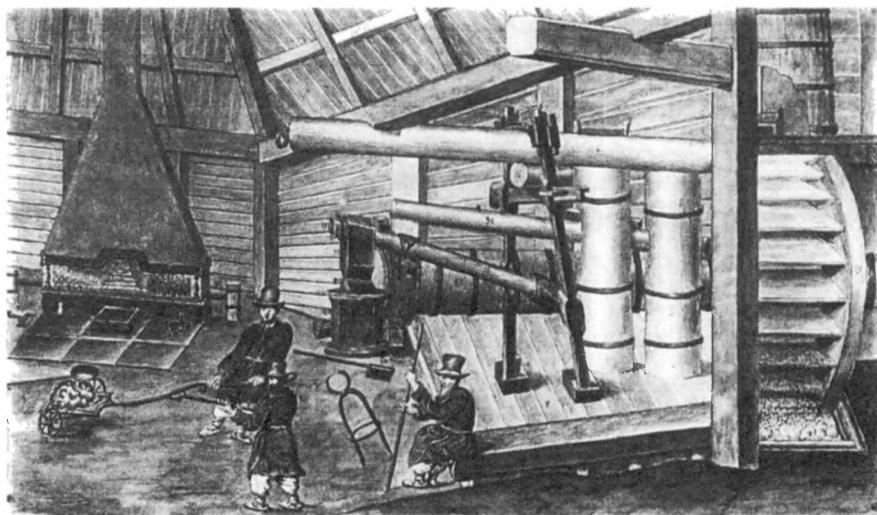
Уральские заводские пруды были солидными по тем временам гидротехническими сооружениями. Выдающийся русский географ и путешественник А.И. Воейков (1842-1916 гг.) не без основания писал в 1909 г., что «на Урале уже в XVIII столетии устроены такие большие пруды, каких не знает Западная Европа». По оригинальности замысла, мастерству исполнения и используемому напору воды гидросиловые установки Урала превосходили крупнейшие зарубежные образцы того времени. Вот некоторые сохранившиеся примеры.

На юго-западе Пермского края протекает сравнительно небольшая река Сива (правый приток р. Камы). По водности ее можно сравнить с такими реками, как Иньва или Усьва. На притоке Сивы реке Вотке был построен Воткинский завод, механизмы которого приводили в действие 67 деревянных водяных колес диаметром 3,2-4,2 м, а их суммарная мощность достигала 980 лошадиных сил. На Кизеловском заводе река Кизел вращала колеса диаметром 7,3 и 8,5 м. Напор воды, используемый на Бисерском заводе (р. Койва), составлял 12-14 м [12].

В конце XIX в. на смену гидросиловым установкам пришли паровые машины и от сложных сооружений тех времен осталось лишь их описание. Очень ценный документ был оставлен управляющим Уральскими государственными заводами (в период 1723-1934 гг.), крупным специалистом металлургического и горного дела XVIII в. В.И. Генниным. Благодаря его подробной рукописи, снабженной детальными рисунками, и изданной лишь через 200 лет [4], мы можем судить, насколько разнообразная работа выполнялась механизмами, которые приводились в действие водяными колесами (рис. 5.1). С их помощью

в разных цехах (фабриках) завода выплавлялся чугун, производилась сталь и ее обработка, изготавливались пушки, якоря, железные полосы, проволока, жечь и т.д. А на медеплавильных – от колоколов до медной посуды. Автор описания изобрел, например, приводимую в действие водяными колесами машину, которая высверливала дула пушек, обтачивала их сверху и тщательно обрезала концы, что позволило заменить труд 40 человек всего лишь тремя.

С развитием крупного мукомольного производства роль сельских мельниц стала заметно снижаться, но в начале 50-х гг. прошлого столетия их гидросиловые установки стали нужны для решения новых задач. В стране широким фронтом началась электрификация сельскохозяйственных районов. В Перми появилась организация «Сельэлектро». На базе старых сельских мельниц стали создаваться не только малые сельские ГЭС, но и новые небольшие пруды. И к концу 50-х годов в Пермском крае давали энергию уже 325 сельских гидроэлектростанций, общая мощность которых составляла 14 тыс кВт. К сожалению, недолго просуществовали малые сельские ГЭС в середине прошлого века. Прокладка высоковольтных линий передачи энергии, охвативших



*Рис. 5.1. Один из цехов старого уральского завода
(фонды государственного исторического музея)*

обширные территории, сделала работу сельских ГЭС менее рентабельной. Но многие пруды, к счастью, были сохранены. К концу XX в. на реках Пермского края насчитывалось 950 прудов общей площадью 108 км², а суммарным объемом воды в них составил 415 млн м³. Наибольшее число прудов сосредоточено в южной части области в бассейне рек Сылва, Тулва, Буй, Быстрый Танып и др. Большая часть из них используется для орошения земель, водоснабжения, рыбного промысла и рекреации. Они являются украшением, своеобразным культурным центром многих сел и деревень нашего края.

Линии высоковольтных передач электроэнергии начали покрывать сеть территории Пермского края после введения в строй Камской ГЭС – первой ступени камского каскада гидроэлектростанций. Но долго до его создания силами энтузиастов стал создаваться малый каскад ГЭС на р. Очер. Первая из станций – Горюхалинская – был построена еще в 1925 г. (начало строительства 1920 год!). А полный каскад из четырех станций общей мощностью 1,5 мВт был завершён уже после Великой Отечественной войны.

Однако строительству крупных ГЭС на Каме предшествовало еще сооружение достаточно крупной Широковской гидроэлектростанции на р. Косье, которое завершилось в 1948 г. Наряду с тем, что строительство этой станции в значительной степени облегчило напряженность в энергоснабжении народного хозяйства, оно послужило хорошей школой для возведения гораздо более крупного объекта – Камской ГЭС. Русло р. Косьевы было перекрыто плотиной, создавшей напор воды в 30 м. Объем воды в Широковском водохранилище при полном его наполнении составляет 0,53 км³, а его площадь – 40,8 км². Проектная мощность ГЭС составляет 28 мВт.

Интересно сравнить шаги гидроэнергетики Пермского края в прошлом столетии (табл. 5.1).

Из приведенных в табл. 5.1 данных видно, что Широковская ГЭС превзошла по мощности Очерский каскад почти в 20 раз и в 2 раза все малые ГЭС края. Следующий скачок в приращении мощности гидроэлектроэнергетики можно видеть при сопоставлении Широковской ГЭС с Камской (Пермской).

Прежде всего отметим, что нам не следует забывать и роль малой гидроэнергетики. В ряде случаев она может быть в настоящее время более эффективной. Сооружение малых ГЭС требует относительно мало времени и средств, не требует громоздких гидротехнических сооружений.

Таблица 5.1

Параметры гидроэнергетических сооружений на реках Пермского края

Объект	Мощность ГЭС, мВт	Параметры водохранилища			
		подпор уровня, м	площадь, км ²	объем, км ³	средняя глубина, м
Очерский каскад ГЭС	1,5	-	-	-	-
Все малые ГЭС края	14,0	-	-	-	-
Широковская ГЭС	28	30	40,8	0,53	12,7
Камская ГЭС	522	21	1915	12,2	6,4
Воткинская ГЭС	1000	23	1120	9,4	8,4

Современный уровень техники позволяет строить эти станции полностью автоматизированными, что снижает затраты на их эксплуатацию. К сожалению, в России по состоянию на 2010 г. малые ГЭС вырабатывали около 3% общего производства электроэнергии, что в 3 раза меньше, чем в США и в 48 раз меньше, чем в Норвегии (информация из газет).

Первая станция камского каскада была полностью введена в строй в 1956 г., а вторая (Воткинская) – в 1964 г. Камское водохранилище по принятой классификации относится к группе крупнейших, а Воткинское (с меньшей площадью) – крупных. По высоте подпора уровня воды они, как и большинство всех равнинных водохранилищ, относятся к низконапорным, с сезонным регулированием речного стока. Несмотря на столь высокий «ранг» наши водоемы далеко уступают многим другим гигантам гидроэнергетики. Наиболее крупными по площади являются водохранилища, в акваторию которых вошли подпруженные плотиной крупные озера. Это водохранилище Виктория в Африке с одноименным

озером (площадь 76000 км²) и Байкальское с плотиной на р. Ангаре у г. Иркутска (площадь около 33000 км²). Из русловых водохранилищ самым крупным в России является Братское на р. Ангаре площадью 5470 км², которое больше Камского почти в три раза. Однако значительнее оно превосходит его по объему, который составляет 159,3 км³. На горных реках с их глубоко врезаемыми долинами есть возможность сооружать при небольшом затоплении территории высокие плотины с большим подпором уровня. Таково, например, Нурекское водохранилище в Таджикистане, которое характеризуется подпором воды 300 м и имеет, при почти таком же как Камское объеме, площадь почти в 20 раз меньше.

Создание камских водохранилищ привело к значительным изменениям не только в режиме р. Камы, но и на прилегающей к этим водоемам территории. Изучение водохранилищ было начато сразу же после их создания. На Камском водохранилище была организована специальная гидрометеорологическая обсерватория, а Пермский государственный университет детально обследовал чашу этого водоема до его заполнения. За истекшие годы накоплен очень богатый материал по режиму наших «морей», который обобщен в многочисленных публикациях. В Пермском университете впервые в России стали читать студентам курс «Гидрология водохранилищ». Профессор Ю.М. Матарзин, долго возглавлявший это направление исследований, написал и первый учебник того же названия, в котором подробно изложены особенности гидрологического режима этих природно-антропогенных водных объектов и влияния их на окружающую природную среду. Поэтому в данном случае мы остановимся лишь на тех вопросах, которые связаны с изменением режима рек.

Создание прудов и водохранилищ на реках направлено на *регулирование их стока*, т.е. более равномерное распределение его внутри года (а на гидроузлах с многолетним регулированием и от года к году). Накопление воды в водохранилище в многоводный сезон позволяет значительно увеличить расходование воды для разных целей в сезон маловодья. Особенно заметны эти изменения в режиме рек при создании крупных водохранилищ. Как уже было показано в разделе 4 (рис. 4.1), благодаря регулированию стока р. Камы у г. Перми удалось намного снизить

пики высоких половодий. В то же время намного увеличился сток воды в осенне-зимний период, что и требуется для выработки электроэнергии. По осредненным за 20-летие данным среднемесячный сток воды ниже плотины Камской ГЭС снизился в апреле и июне на 20%, а в мае – на 30%. Расходы воды в зимний период возросли с декабря по март в 2-3 раза. Тем не менее станция работает в этот сезон с далеко неполной нагрузкой. При этом в ее работе происходят довольно значительные внутрисуточные колебания, связанные с необходимостью увеличения выработки энергии в часы пиковой нагрузки в энергосистеме. Это, в свою очередь, приводит к колебаниям уровня воды ниже плотины, амплитуда которых достигает одного метра. Примерно такие же изменения в режиме р. Камы произошли ниже плотины Воткинской ГЭС. Сброс из водохранилища относительно теплых вод, усиленная турбулентность потока привели к образованию зимой ниже плотин полыньи, границы которой изменяются в соответствии с колебаниями температуры воздуха.

Создание водохранилищ на реках приводит к снижению их стока в связи с повышенным, по отношению к суше, испарением с водной поверхности. Разница в величинах испарения с воды и с суши зависит от климатических условий. В условиях жаркого климата она достигает наивысших значений и потери воды на испарение с поверхности водохранилищ становятся весьма значительными. Например, с водохранилища Насер на р. Нил эти потери составляют 13%, а с водохранилища Вольта в Гане (Африка) – даже 25%. С поверхности Камского водохранилища эти потери по разным оценкам составляют 0,8-0,9 км³, или 2% общего притока воды за год, что находится в пределах допустимой погрешности в оценке этого притока. Такая же оценка дается и по Воткинскому водохранилищу.

Коснемся одного вопроса, связанного с созданием водохранилищ, но уже не связанного с влиянием их на режим рек. Автору не раз приходилось слышать высказывания жителей Пермского края о том, что камские водохранилища изменили климат на всей его территории. Верно ли это? Многолетние исследования ученых Пермского университета показали, что это неверно. Наибольшая ширина зоны

влияния наших водохранилищ не превышает 2,0-2,5 км. В чем проявляется это влияние? Весной на прибрежных участках на 0,4-0,50 снижается среднемесячная температура воздуха, а осенью проявляется обогревающее влияние водоема. Среднемесячная температура воздуха в августе-октябре выше на 0,7-0,80, вследствие чего позже начинаются заморозки. Летом на 2,0-2,2% увеличивается влажность воздуха. Отмечено также усиление ветров, в навигационный период на 1,1-1,4 м/с [15].

Отрицательным моментом создания водохранилищ является снижение интенсивности влагооборота в речных системах и, как следствие, ухудшение качества воды. Но об этом пойдет речь в следующей главе книги.

5.2. Реки – пути сообщения

Многие века реки служили единственным транспортным путем (в пределах суши, конечно), который использовался для перевозки грузов на большие расстояния. Неслучайны поэтому и волоки между смежными речными системами и проложенные на их месте во многих случаях каналы. По рекам проходили и первые пути русских за Урал. Наиболее известными с XV в. были Чердынский и Чусовской. Первый, называемый еще Вишерско-Лозьвинским, проходил вверх по Вишере и ее притоку реке Велс с выходом через перевал на реку Лозьву – приток реки Тавды. Второй путь проходил вверх по реке Чусовой и через притоки выходил на реку Туру. Навстречу речным потокам суда с грузами двигались с помощью лошадей, а чаще всего людей – бурлаков. Труден, извилист и длителен часто был путь груза, перевозимого по рекам на дальние расстояния. Давайте, уважаемый читатель, взяв в руки «Описание...» В.И. Геннина и географическую карту, проследим путь уральского металла, доставлявшегося в Петербург в первой половине XVIII в.

Многие уральские железоделательные заводы располагались в Зауралье на небольших речках, относящихся к системе Тобола. А металл и изделия из него нужно было доставлять в Петербург. Единственный путь

для этого – река Чусовая. На берегу этой реки в районе устья ее притока р. Утки была основана Уткинская пристань. Рядом на речке Каменке был создан пруд, и водяное колесо приводило в действие «пильную мельницу», где распиливали круглый лес и строили суда. Обычно в год строилось около тридцати коломенок и барок. Более крупные коломенки водоизмещением не менее 100 тонн имели длину 32-33 м и ширину 6 м [4].

Металл, доставлявшийся на Уткинскую пристань с заводов, расположенных от нее в 100-150 км и более, загружался весной в суда, формировалась команда работников, чиновников, солдат, лоцмана, и караван по высокой воде половодья отправлялся в путь. Каков был этот путь на начальном этапе по своенравной Чусовой мы достаточно хорошо знаем из литературы. Нередко бывали случаи гибели людей и грузов на этом опасном пути. (О создании прудов на ряде притоков реки Чусовой, спуске воды из них для повышения уровня половодья и снижения потерь при сплаве В.И. Геннин ничего не указывает. Очевидно эта практика появилась несколько позже).

Но вот, наконец, караван вышел на стрежень широкой Камы и спокойно поплыл к ее устью до городка Лаишева. Здесь остановка, укомплектование новой команды для трудного пути вверх по р. Волге бечевой, как на замечательной картине И.Е. Репина (рис. 5.2). Бечева (специальная веревка) готовилась заранее. Она имела длину 130-150 м и диаметр около 2,8 см.

*...Выдь на Волгу! Чей стон раздается
Над великою русской рекой?
Этот стон у нас песней зовется.
То бурлаки идут бечевой.*

Н.А. Некрасов

Юго-западное направление движения вниз по Каме сменилось северо-западным – вверх по Волге. Останавливаясь на ночевки, минуя города Казань, Нижний Новгород, Кострому и Ярославль, караван медленно продвигается и, дойдя до Рыбинска, повинуюсь руслу реки, вновь пово-



Рис. 5.2. Так в течение двух веков доставлялся уральский металл в Петербург и Москву (картина И.Е. Репина «Бурлаки на Волге»)

рачивает на юго-запад и уже к осени достигает г. Твери. Здесь зимовка. Грузы с судов помещаются в специальные склады со строгой охраной.

Наступает весна, на р. Чусовой снаряжается новый караван, а наш, о котором началась речь, продолжает свой путь вверх по притоку Волги р. Тверце и пройдя упомянутый ранее Вышневолоцкий канал, спускается вниз по течению реки Мсты. Берега р. Волги выше Рыбинска и р. Тверцы, видимо, были настолько удобны, что бурлаки на этом участке до Вышнего Волочка заменяются лошадьми.

Далее путь каравана проходит главным образом уже самосплавом. По Мсте он выходит в Ильменское озеро, а затем – в вытекающую из него реку Волхов. Минуя Новгород, караван выходит к Ладожскому озеру и по Приладожскому каналу достигает наконец р. Невы.

Путь меди и изделий из нее, которые производились в то время на заводах в Пыскоре и Мотовилихе и доставлялись в Москву, был значительно короче. Суда с этим грузом, шедшие одним караваном с чувовским до Нижнего Новгорода, поворачивали на р. Оку и, идя вверх по ней, достигали за одну навигацию р. Москвы. Таким же путем доставлялись в центр России товары и с частных заводов Урала и Приуралья, принадлежавших Демидовым и Строгановым. Неслучайно поэтому

В.Н. Татищев и другие искали более короткие водные пути и не только с р. Чусовой на Верхнюю Каму и Вычегду, но со шлюзованным переходом через Урал севернее [1].

Способ транспортировки больших грузов по рекам с использованием физической силы людей оставался главным в России до появления судов с механической тягой. В появлении таких судов большая заслуга принадлежит пермякам. В 1816 г. мастеровые Пожевского завода по чертежам и под руководством В.Н. Денисова и П.Г. Соболевского построили первый в России колесный пароход. В 1845 г. также первый в России пароход с клепаным железным корпусом создал крепостной умелец Петр Тимкин на Суксунском заводе. И еще одна памятная веха. В 1890 г. на Мотовилихинском заводе в Перми при строительстве гигантского по тем меркам буксирного парохода «Редедя князь Косогский» русский изобретатель Н.Г. Славянов впервые в мировой практике судостроения применил изобретенный им способ сварки металла.

Интенсивными темпами начинает развиваться в XIX в. судостроение и к концу XIX в. по Каме курсировало уже 275 пароходов [7]. Большой вклад в развитие судоходства на Каме внес в этот период предприниматель Н.В. Мешков. При нем строились новые более совершенные пароходы, развивалась торговля, росли новые города на ее берегах. После революции он был приглашен в качестве консультанта в Наркомат путей сообщения.

Во время гражданской войны отступавшие из Перми войска Колчака подожгли в устье р. Чусовой около сотни пароходов и барж. Поэтому флот на Каме пришлось восстанавливать заново. И в этом в разные годы принимали участие полтора десятка пермских заводов. Но успехи пермских кораблестроителей – это уже вопрос другой. В середине прошлого столетия на суда Камского речного пароходства приходилось 20 % всех речных перевозок России. Основными грузами были лес, нефтепродукты, руда, машины. Необходимо подчеркнуть, что перевозка грузов водным путем была самой дешевой, поэтому широко использовались смешанные перевозки, когда часть пути груз шел по железной дороге, а затем – по реке. Крупным перевалоч-

ным пунктом был при этом наш г. Пермь. Сюда по железной дороге прибывал груз из разных районов Урала и Сибири и далее он шел в центр России по Каме, Волге и другим водным путям. Вот какие сопоставления цен приводят Н. Дубилет и В. Соколов в упомянутой выше книге. Перевозка одной тонны чугуна из Надеждинска (Свердловская область) до Куйбышева (ныне г. Самара) по железной дороге стоит 63,4 руб., а с перевалкой в Перми на воду – 29,14 руб., одной тонны удобрений из Березников до Сталинграда (сейчас Волгоград) соответственно 56,93 и 20,7 руб. Авторы подчеркивают, что плюсом при этом является разгрузка железнодорожного транспорта. На Каме и других реках появились высокоскоростные грузовые суда, проделывавшие в сутки вверх по течению реки 300 км и вниз – 450. И вот о каком интересном факте можно прочесть в книге В.М. Михайлюка «Город мой Пермь» [16]. Грузовой теплоход «Кисловодск», погрузив более двух тысяч тонн технической соли, вышел из Березников 19 июня 1964 г., а 3 июля прибыл в Ленинград. Сравните, уважаемый читатель, две навигации с грузом уральского металла в начале XVIII в. и две недели почти по тому же водному пути в середине XX.

Создание Камского водохранилища привело к образованию подпора воды в устьевых участках многих притоков Камы. Возникли новые транспортные пути, по которым, главным образом, маломерные суда, особенно по высокой вешней воде, стали доставлять грузы во многие пункты, находящиеся и на притоках Камы: Весляне, Вишере, Колве, Косье, Обве, Чусовой, Сылве и других (рис. 5.3). Поскольку большая часть грузов направлялась в северные районы края, камские речники весной осуществляли так называемый северный завоз. Сотни тысяч тонн продовольствия, горючего, строительных материалов и других грузов успевали они в это время доставить по назначению, делая иногда по два-три рейса. За навигацию суда Камского пароходства перевозили до 30 млн т различных грузов.

Развивалось и пассажирское сообщение. Водную гладь Камы и камских водохранилищ стали рассекают крупные, быстроходные и комфортабельные суда, на которых можно было проехать не только на

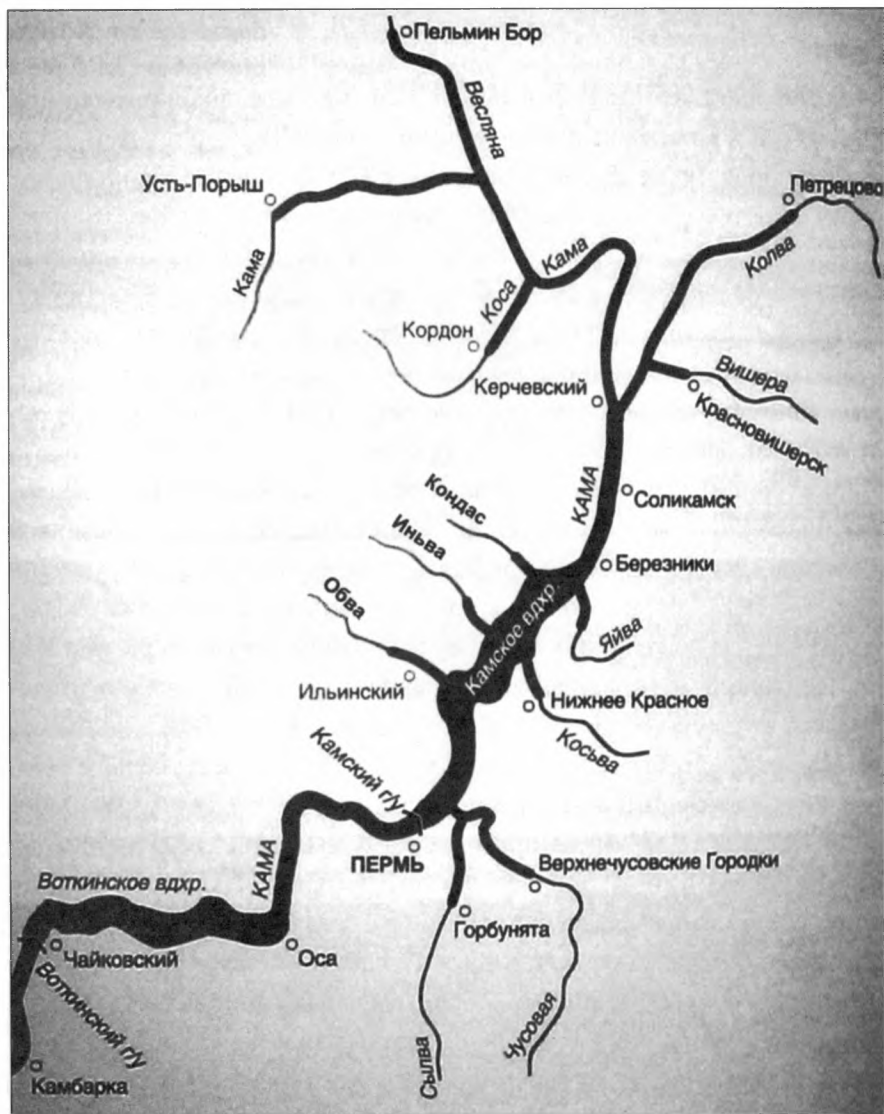


Рис. 5.3. Схема водных путей Пермского края

север до Соликамска, Красновишерска и Чердыни, но и гораздо далее на юг до Астрахани, Ростова и на запад до Москвы и Ленинграда. А появившиеся быстроходные суда, «Ракеты» на подводных крыльях, быстро доставляли пассажиров со скоростью поезда как по пригородным маршрутам, так и далее – до Чайковского, Березников.

Почему же все эти достижения по использованию наших водных путей излагаются как прошедшие, почти забытые? Увы, действительно, многое уже забывается, а молодежи уже и не верится. Пассажирские лайнеры плавают только по туристическим маршрутам, «Ракеты» ржавеют у причалов.

Неужели водный транспорт стал дороже других? Ответ на этот вопрос могут дать только экономисты, а также наши хозяйственные руководители.

В заключение следует сказать, что и нашей российской зимой реки часто служат удобным транспортным путем, особенно в районах с пересеченным рельефом и редкой сетью или полным отсутствием железных и шоссейных дорог. Вспомните русскую народную песню: «...Вот мчится тройка почтовая по Волге-матушке зимой...».

5.3. Реки – источники жизни

Любое проявление жизни на Земле невозможно без участия в нем воды. Вода – это жизнь, колыбель жизни, жизненный сок Земли, самое драгоценное сокровище. Так оценивают роль воды в нашей жизни люди Земли.

Как мы уже отметили, реки – главный источник удовлетворения потребностей человечества в пресной воде. Эти потребности со временем изменяются. На ранней стадии человеческой истории они ограничивались очень малыми объемами и не отражались на величине речного стока. Резкое увеличение водопотребления произошло с развитием орошаемого земледелия в районах с засушливым климатом. В XIX-XX вв. стало резко возрастать потребление воды для нужд промышленности. На одну тонну промышленной продукции из рек стали изыматься сотни, тысячи тонн воды. Очень крупным водопотребите-

лем стали тепловые и атомные электростанции. Но и сейчас в целом по планете главным водопотребителем является орошаемое земледелие. Таким образом, уровень водопотребления в разных странах и регионах зависит как от климатических условий, так и степени промышленного развития.

Рассмотрим, как обстоят дела в этом отношении на территории различных речных бассейнов России. Помочь в этом может табл. 5.2, составленная по данным монографии А.М. Черняева и Н.Б. Прохоровой «Водные ресурсы, их использование и охрана» [27]. Коэффициент использования ресурсов поверхностных вод приведен в этой таблице по отношению к минимальной водности реки в лимитирующий зимний период.

Как видим, коэффициент использования ресурсов поверхностных вод в бассейне Камы значительно меньше, чем по всему бассейну Волги, и значительно ниже по сравнению с бассейнами рек Тобол и Урал. Следует однако отметить, что минимальная водность Камы и других рек, на которых возведены гидроэлектростанции, значительно увеличена внутригодовым перераспределением стока водохранилищами. Если отнести объем водозабора по р. Каме к средней величине естественного стока реки за зимний сезон (XII-III), то коэффициент использования составит около 15 %. Указанные выше авторы считают, что экологически безопасный отбор воды из рек не должен превышать 25-40 % устойчивой величины речного стока.

Таблица 5.2

Показатели использования стока некоторых рек Российской Федерации в 2000 г.

Река	Минимальная водность реки в лимитирующий зимний период, м ³ /с	Объем водозабора, м ³ /с	Коэффициент использования водных ресурсов, %
Северная Двина	2100	32,3	1,54
Сухона	191	3,2	1,66
Вычегда	788	16,1	2,04
Печора	2350	13,0	0,55

Река	Минимальная водность реки в лимитирующий зимний период, м ³ /с	Объем водозабора, м ³ /с	Коэффициент использования водных ресурсов, %
Дон	365	187	51,2
Кубань	1400	310	22,1
Терек	947	176	18,6
Волга	5180	693	13,4
Кама	2720	146	5,3
Урал	101	53,9	53,6
Иртыш	2820	85,7	3,04
Тобол	285	72,8	25,6

Примечание: Значения расходов воды округлены до трех значащих цифр

Рассмотрим далее масштабы отбора воды из рек Пермского края, пользуясь данными Пермского филиала «Территориального фонда информации по природным ресурсам и охране окружающей среды МПР России по Приволжскому федеральному округу» за 2009 г., а также изданиями государственного водного кадастра (1967-1985 гг.).

Суммарная величина забора воды из рек Пермского края составила в 2009 г. 79,4 м³/с. Около 95% этого объема составляют затраты на производственные нужды. На хозяйственно-питьевые нужды расходуется около 4,5% и остальные 0,5% – на орошение земель, сельскохозяйственное водоснабжение, поддержание пластового давления в нефтяных скважинах и другие. В эти объемы используемой воды вошли, естественно, лишь те сведения, которые учитываются на водозаборных сооружениях. Неорганизованный отбор воды мелкими хозяйствами и отдельными гражданами, как видим, составляет весьма малую долю и вряд ли может привести к заметному увеличению приведенных данных. Необходимо подчеркнуть, что главным потребителем воды являются две тепловые электростанции – Добрянская и Яйвинская ГРЭС, имеющие прямоточные системы охлаждения воды и забирающие в связи с этим около 61 м³/с, или 82% всех затрат на производственные нужды.

Рассмотрим коэффициент использования ресурсов поверхностных вод по главным рекам Пермского края. Как видно из табл. 5.3, воды большинства главных притоков Камы используются в очень малом количестве. Резкое исключение составляет р. Яйва, где коэффициент использования ее стока значительно превышает допустимые пределы. Если учесть, что практически вся забираемая вода, после прохождения через турбины ГРЭС и охладительного бассейна в том же режиме сбрасывается обратно, то можно заключить, что на водности и режиме р. Яйвы такой отбор воды существенно не сказывается.

Невысок коэффициент использования стока и р. Камы в пределах Пермского края. Он значительно меньше коэффициента по бассейну Волги, но выше, чем по всему водосбору Камы (табл. 5.2). При современном водозаборе, но отсутствии регулирующего влияния двух водохранилищ этот коэффициент был бы равен 16%.

Таблица 5.3

Показатели использования стока главных рек Пермского края в 2009 г.

Река	Средний расход воды за период XII-III, м ³ /с	Объем водозабора, м ³ /с	Коэффициент использования водных ресурсов, %
Вишера	126	0,25	0,20
Яйва	27,5	15,0	54,5
Косьва	33,2	0,77	2,30
Обва	10,0	0,01	0,10
Чусовая	39,0	1,03	2,60
Тулва	6,60	0,01	0,15
Кама	1120	79,4	7,09

Примечания. 1. Расходы воды по речным бассейнам вычислены с учетом дополнительной приточности с водосборной площади ниже расчетного гидрологического поста.

2. По реке Каме расход воды на выходе за пределы Пермского края принят по гидрологическому посту Сарапул.

5.4. Целительная сила рек

Трудно полностью оценить благотворное влияние рек на наше физическое и душевное самочувствие, здоровье. Наблюдение за непрерывным движением струй воды вызывает у человека воспоминания о прожитой жизни, наводит на философские размышления, отвлекает от каких-то негативных воспоминаний.

Вот как выразил свое состояние при встрече с рекой поэт Владимир Солоухин:

*...Сетей не бросаю, лозы не ломаю,
Не порчу цветов на прибрежном лугу,
Кувшинок не рву и стрекоз не сбиваю:
Сижусь и молчу на крутом берегу.
Один на один с глубиной тревожной
С речным лепетаньем один на один...*

Общеизвестно, что пребывание наедине с рекой уносит усталость, проясняет мысли, помогает пережить горе. Вот как это выражают поэты.

*Приду к реке и душу успокою,
Душе светло с рекой наедине.*

Владимир Демидов

*Вам доводилось над большой рекой
На ветреном пронзительном рассвете,
Придерживая волосы рукой,
Глядеть на воду, все забыв на свете
Кончаются все сложности тогда,
Низводятся до самого простого...*

Олег Дмитриев

...Жадно пью или целую
Струи ласковой реки,
Будто жилку голубую
Доброй няниной руки.
Улыбаюсь – это значит
Уплыла с водой беда.
Шла и верила: отнянчит
Сылва – талая-вода.

Нина Субботина

Нередко люди обращаются в мыслях к реке за помощью в часы каких-то жизненных трудностей и тревог. Вот как это выражал наш пермский поэт Владимир Радкевич, обращаясь к Каме.

*...Стань для меня дорогою живой,
О том, что мной не сделано, напомни.
Глаза мои наполни синевою,
И жизнь мою –
 движением наполни!*

Большой физический и душевный покой приносит, конечно, пребывание на берегу реки или в лодке на реке с удочкой в руках. Мало, наверное, найдется людей, которые скажут, что такая рыбалка – это только промысел. Главное, что влечет рыбака к реке, – это стремление побыть с ней наедине, отвлекаясь от повседневных забот, отдохнуть, полюбоваться восходом солнца, послушать пение птиц и, конечно, попытаться изловить ту, заветную.

Прекрасен активный отдых на берегу реки в летний солнечный день. Купание, плавание, загорание, игры на песчаном пляже – что может быть лучше? А лучше может быть путешествие по реке, пассивное или активное, длительное или короткое. Как хорошо было в не такие давние времена пойти на речной вокзал, купить билет на пассажирский пароход и совершить спокойную интересную поездку вверх по

Каме (или по Камскому водохранилищу) до г. Чердыни или промчаться в рассекающей волны «Ракете» до г. Чайковского. Можно было бы и намного далее. Именно о таком путешествии по Каме мечтал писатель А.П. Чехов. В письме О.Л. Книппер из Перми 23 июня 1902 г. он писал: «Надо бы нам как-нибудь нанять для своего семейства пароходик и поехать не спеша в Пермь и потом обратно, и это была бы дачная жизнь, самая настоящая, какая нам и не снилась» [16].

Подобного вида плавание по рекам или путешествие можно отнести к категории пассивных. В настоящее время получили широкое распространение активные формы путешествий, странствий или как теперь говорят, туризма. Путешествие, т.е. шествие, странствие по берегам рек или плавание по рекам на плотах, катамаранах и других плавсредствах – прекрасный вид отдыха. За каждым поворотом реки путникам открываются один пейзаж прекраснее другого.

В Пермском крае возможностей для водного туризма предостаточно. Речное богатство – наш главный туристический потенциал. Хорошо путешествовать семьями, сплаваясь на плотах по спокойным извилистым рекам Иньве и Обве, Сылве и Ирени, вдыхая аромат разноцветья луговых трав, слушая шелканье соловья и жужжание шмелей при остановках на приглянувшемся берегу. Более опытных и активных туристов ждут горные реки. Хорошо уже известна им р. Вишера красотою скально-таежных берегов, камнями Говорливый и Ветлан. Очень интересна пейзажами своей долины, знаменитой пещерой Дивья, а также богатой историей река Колва. Спорит с Вишерой по живописности своей долины и высоте береговых скал пока менее известная туристам р. Березовая – приток р. Колвы. Интересны для туристов горные реки Яйва и Косьва – левые притоки Камы. Яйва сулит много открытий для спелеологов – исследователей пещер. Красотою своей долины давно славится на всю Россию р. Чусовая с ее знаменитыми скалами – бойцами. Большой популярностью у туристов пользуются и правые горные притоки Чусовой – Койва, Усьва, Вижай.

Настоящий туризм – это не только отдых, укрепление здоровья, но и повышение культуры, расширение диапазона познаний. Хорошо

отражена эта мысль Константином Паустовским в его «Музе дальних странствий», входящей в цикл «Письма в пути». Автор пишет: «...скитания приобретают значительный свой смысл, насыщают нас познаниями, открывают нам красоту земли... и дают толчок нашему воображению. Это непереносимое качество всех путешествий – обогащать человека огромностью и разнообразием знаний – есть свойство, присущее счастью. Счастье дается только знающим. Чем больше знает человек, тем резче, сильнее он видит поэзию земли там, где ее никогда не найдет человек, обладающий скудными знаниями».

Поэтому туристу, отправляющемуся в путь по реке, крайне желательно изучить литературу по природе, истории, культуре прилегающей территории. Хорошим пособием в этом может служить книга профессора Пермского государственного университета А.И. Зырянова [8]. Полезно также ознакомиться с основными особенностями водного режима реки, учесть информацию по гидрологическим прогнозам с тем, чтобы плавание было более интересным и вас не встретили неприятные неожиданности.

Наверное, интересно было бы организовать по маршрутам древних землепроходцев путешествия навстречу речным потокам, работая веслами, или превращаясь на быстринах в бурлаков. Каким приятным стал бы после этого пассивный сплав в обратном направлении.

6. КАЧЕСТВО РЕЧНЫХ ВОД

*Нет на Земле напитка лучшего,
чем стакан холодной чистой воды.*

Василий Песков

Чистая вода – что это такое? Это дистиллированная вода, т.е. очищенная от всех примесей? Это про нее поэт Леонид Мартынов написал, что «...Она блистала, столь чиста, что – ни напиться, ни умыться». В нашем же представлении чистая вода – это вода, которая, пройдя через толщу почв и горных пород, вобрала в себя необходимые минералы, очистилась от механических примесей и вышла вновь на белый свет холодной родниковой струей.

Как писал поэт Владимир Солоухин:

*...Бывает, что воды уходят туда,
Где нету ни света, ни солнца, ни льда,
Где глина плотнее, а камни упорней,
Куда не доходят древесные корни...
...И вот иногда эти темные воды
Тоскуя по солнцу, идут на свободу!
Веселая струйка, расколотый камень,
И пьют эту воду горстями, руками...*

Однако родниковая вода в питании рек составляет лишь часть ее общего стока, и речная вода может отличаться и избыточным количеством полезных веществ, а нередко и наличием вредных. В связи с этим и используется понятие – *качество воды*. Понятие это в значительной степени относительное, так как оно определяет пригодность воды для конкретного водопользования. Нас интересует вода, пригодная для питьевых целей.

Следует оговориться, что качество питьевой воды в реках не в меньшей, а может быть, в большей степени определяется ее бактери-

ологическими свойствами, но рассмотрение их представляет отдельную специальную задачу. Здесь мы ограничимся гидрохимическими вопросами.

Природная вода – прекрасный растворитель, представляющий собой слабый электролит, расщепляющийся при контакте с различными веществами по уравнению $\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$, которое характеризует *ионное равновесие воды*. Состояние этого равновесия отражает водородный показатель рН, представляющий собой логарифм концентрации водородных ионов (моль/л), взятый с обратным знаком: $\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$.

Величина рН отражает кислотную или щелочную реакцию воды. Величина $\text{pH} = 7$ характеризует нейтральную, $\text{pH} > 7$ – щелочную и $\text{pH} < 7$ – кислую реакцию среды.

Суммарное содержание в воде растворенных неорганических веществ (концентрация солей) называют *минерализацией* или *солесностью воды* и выражают обычно в мг/л, г/л или относительными единицами (% , ‰). Воды с минерализацией менее 1 мг/л относят к категории пресных.

К числу главных ионов солей, находящихся в природных водах, относятся отрицательно *заряженные анионы* HCO_3^- – гидрокарбонатный, SO_4^{2-} – сульфатный, Cl^- – хлоридный и положительно заряженные катионы кальция Ca^{2+} , магния Mg^{2+} , натрия Na^+ и калия K^+ . Все природные воды делятся по преобладающему аниону на три *класса*: гидрокарбонатный, сульфатный и хлоридный, а по преобладающему катиону – на три *группы*: кальциевую, магниевую и натриевую. Большая часть речных вод относится к гидрокарбонатному классу и кальциевой группе.

Суммарная концентрация наиболее распространенных катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} называется *общей жесткостью воды*. В нашей стране жесткость воды (Ж.в.) выражается суммой миллиграмм-эквивалентов ионов кальция и магния, содержащихся в одном литре воды; 1 мг-экв. отвечает содержанию 20,04 мг/л Ca^{2+} или 12,16 мг/л Mg^{2+} . Различают *общую жесткость* (общее количество содержащихся в воде кальция и магния), *устраняемую*, характеризующую степень

уменьшения Ж.в. при длительном ее кипячении, и *постоянную*, остающуюся после выпадения карбонатных солей в результате кипячения воды. В зависимости от общей жесткости различают воду: очень мягкую, мягкую, умеренно жесткую, жесткую и очень жесткую. Количественные критерии выделения этих групп определяются государственными стандартами.

В речных водах содержатся и растворенные *газы*. Наиболее распространены из них кислород O_2 , азот N_2 , диоксид углерода CO_2 , сероводород H_2S . Поступают они в воду как из атмосферы, так и в процессе жизнедеятельности растений и при разложении в воде органического вещества.

Растворяются в природной воде и *биогенные вещества* – продукт жизнедеятельности организмов (азот N, фосфор P, кремний Si), а также органические вещества: углеводы, белки, продукты их разложения и др. Эти вещества мало влияют на общую минерализацию воды, но играют огромную роль в жизнедеятельности водных организмов.

Содержатся в природных водах и микроэлементы, к которым относят вещества, находящиеся в малых количествах (менее 1 мг/л). Наиболее распространены из них бром Br, йод I, фтор F, литий Li, барий Ba, а также «тяжелые» металлы – никель Ni, цинк Zn, кобальт Co, медь Cu, кадмий Cd, свинец Pb, ртуть Hg и др.

В современную эпоху гидрохимический состав речных вод определяется не только природными факторами, но и все возрастающей деятельностью человека (или антропогенными факторами). Рассмотрим их отдельно, применительно к территории Пермского края.

6.1. Исследования природных факторов формирования качества речных вод

Химические вещества поступают в реки, главным образом, с водами, стекающими с их бассейнов. Стеkanie это, или сток воды, осуществляется, как отмечено в разделе 2.5, разными путями и с разной скоростью. Прежде всего, вода насыщается солями, стекая по поверхности

почвы, а также внутри почвенного покрова. А так как распределение почв по территории характеризуется проявлением географической зональности, то эта зональность, а в горах высотная поясность, отражается в некоторой степени и в химическом составе речных вод. В то же время грунтовые воды, стекающие по относительным водоупорам, а также из постоянных водоносных горизонтов, часто характеризуются азональным распределением, связанным с азональностью состава дренируемых реками горных пород. Последние отличаются обычно и большей минерализацией.

Источником поступления химических веществ в речные воды является и атмосфера. Эти вещества из атмосферы поступают на поверхность речного бассейна как вместе с атмосферными осадками, так и в виде сухого осаждения. К числу естественных процессов, насыщающих атмосферу химическими веществами, относятся вулканизм, развевание и перенос ветром пыли и мелкого песка (песчаные бури) и др.

В пространственном распределении химического состава речных вод проявляются черты зональности. Первая гидрохимическая карта СССР была составлена О.А.Алекиным. Наиболее детально исследование гидрохимических особенностей рек Пермского края было независимо выполнено двумя организациями: Пермским государственным университетом (ПГУ), а для рек Среднего Урала (в том числе и Пермского края) – Уральским управлением гидрометеорологической службы СССР (УрУГМС). Рассмотрим кратко результаты тех и других исследований.

6.1.1. Исследования ПГУ

Детальному изучению гидрохимии различных водных объектов посвятил многие годы профессор Пермского государственного университета (ПГУ) Г.А.Максимович. Наиболее полно его исследования в этой области изложены в монографии [14]. Однако еще в 1942 г. Г.А.Максимович, применительно к речным водам, ввел понятие *гидрохимическая фация*, под которой подразумевается такой участок русла,

воды которого на всем протяжении характеризуются одинаковыми гидрохимическими свойствами, определяющимися по преобладанию одних растворенных веществ (ионов, коллоидов).

Более обстоятельно особенности пространственной изменчивости гидрохимии речных вод освещены в указанной монографии на примере территории Пермского края, на основе чего была составлена (в 1945 г.) гидрохимическая карта. Однако ограниченное число исходных данных не позволило автору выявить особенности изменения химического состава речных вод в течение года.

Позднее учениками Г.А.Максимовича была дана детальная характеристика химического состава и минерализации речных вод Пермского края [13]. Составлена и новая гидрохимическая карта Пермского края, отражающая химизм речных вод в период *межени*. Для ее составления использовано более 2500 анализов, выполненных лабораториями Пермского госуниверситета и Пермского политехнического института, а также результатов анализа, опубликованных в гидрологических ежегодниках гидрометеослужбы.

По результатам этих анализов Е.А. Лушниковым, Е.А. Кротовой и Г.Г. Жидковой выделены четыре гидрохимические провинции, семь областей и три района (рис.6.1). Приведем далее их краткую характеристику.

1. Провинция преобладания гидрокарбонатно-кремнеземных фаций. Гидрокарбонатно-кремнеземные фации характерны для верховий рек Вишеры, Косьвы и Койвы, долины которых врезаются в породы ордовика и силура. Большое количество осадков, высокие модули стока и весьма активный водообмен обусловили малую минерализацию речных вод и преобладание в них HCO_3^- и SiO_2 . На участках пересечения реками карстующихся пород в бассейне р.Вишеры минерализация воды вырастает от 30-60 до 117-140 мг/л и она переходит в гидрокарбонатно-кальциевую фацию. В водах бассейна р. Койвы появляется ион SO_4^{2-} .

Сведения о количественном содержании основных ионов в речных водах выделенных территорий приведены в табл. 6.1.

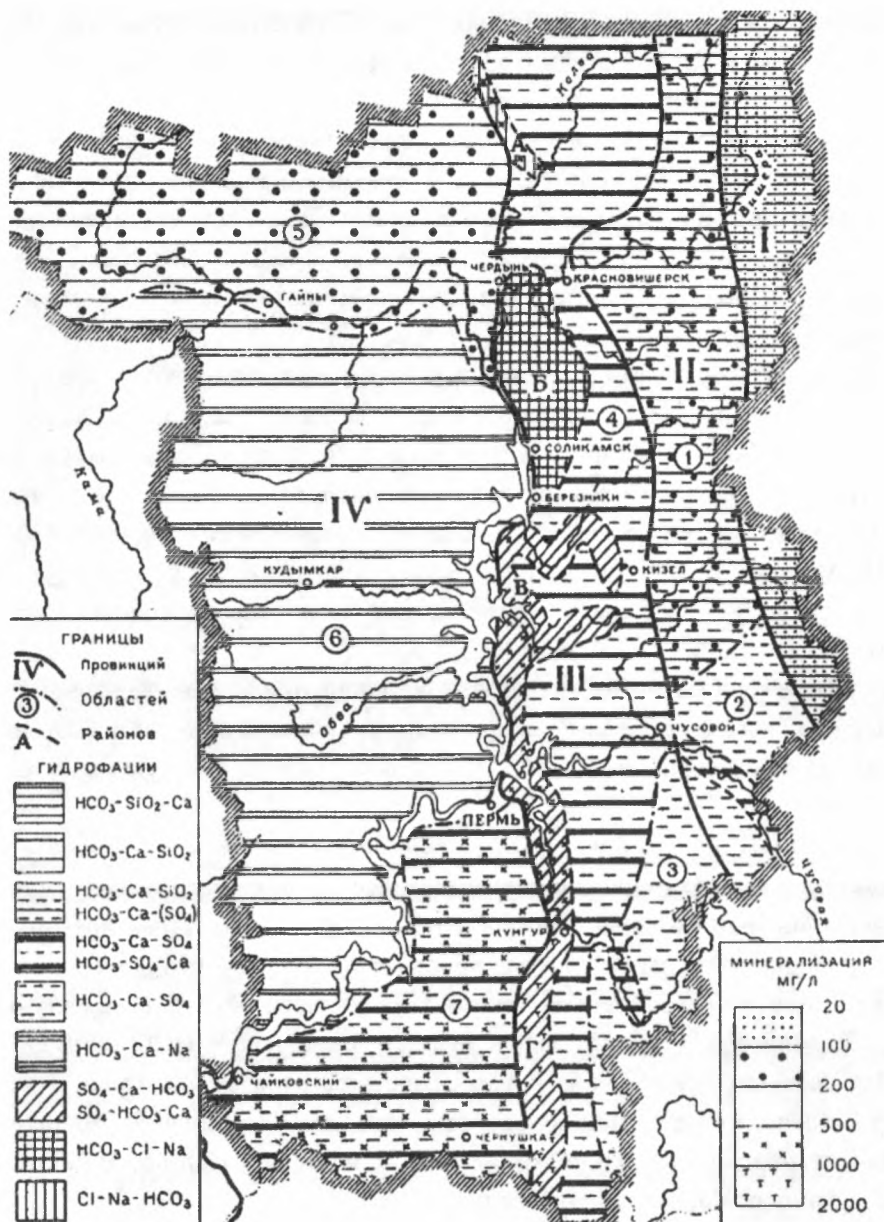


Рис. 6.1. Химический состав и минерализация речных вод [13]

Содержание основных ионов в речных водах Пермского края [13]

Территория (рис.6.1)			Содержание ионов, мг/л							
провинция	область	район	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	SiO_2
I			17-36	0-10	0-1	2-8	1-3	–	1-12	7-18
II	1		12-150	5-18	0-7	5-45	2-7	0,5-16	–	3-24
II	2		100-384	10-71	3-7	24-86	2-80	4-42	–	3-8
III	3		162-229	79-126	12-18	32-129	12-40	9-31	–	1-3
III	4		55-214	22-120	6-14	22-106	2-9	6-15	–	1,7-3,5
IV	5		92-110	5-17	0-3	18-21		4-6	–	2-11
IV	6		251-378	5-12	4-14	15-64	15-27	15-38	–	–
IV	7		232-402	16-178	2-28	54-120	10-21	2-35	–	–
		A	64-94	22-58	68-689	23-42		35-442	–	–
		Г	170-280	221-1009	6-18	128-436	23-36	0-13	–	–

II. Провинция преобладания гидрокарбонатно-кальциевых гидрохимических фаций. Занимает среднюю часть течения р. Вишеры, верховья рек Колвы, Язьвы и Косьвы, реки Усьва, Вильва, Койва и средний участок течения р. Чусовой.

Для провинции характерно преобладание ионов HCO_3^- и Ca^{2+} , что объясняется широким распространением известняков.

По третьему компоненту гидрофации и степени минерализации речных вод в провинции выделены две гидрохимические области.

1. Область преобладания гидрокарбонатно-кальцево-кремнеземных фаций. Большое количество выпадающих осадков, сильная расчлененность рельефа, трещиноватость пород и карстовые явления в карбонатных породах с интенсивным водообменом обуславливают высокую минерализацию речных вод (100-200 мг/л).

2. Область преобладания гидрокарбонатно-кальцево-сульфатных фаций располагается в южной части провинции II, охватывает притоки р.Чусовой в ее среднем течении. Здесь преобладает низкогорный

рельеф, атмосферные осадки и речной сток меньше, но увеличивается подземный сток в карстовых районах. В течение всего года преобладает гидрокарбонатно-кальцево-сульфатная фация.

III. Провинция преобладания гидрокарбонатно-кальцевых и гидрокарбонатно-сульфатных фаций расположена в пределах Предуральского прогиба и частично Уфимского плато с увалисто-равнинным рельефом и высотами до 350-380 м. Здесь располагаются средние и нижние участки рек Колва, Вишера, Язьва, Яйва, Косьва, Чусовая и Сылта (рис.6.1). В этой провинции выделены гидрохимические области 3 и 4.

3. *Область преобладания гидрокарбонатно-кальцево-сульфатных речных вод* с минерализацией 200-500 мг/л, расположенная на юго-востоке провинции. Здесь р. Сылта на участке Суксун-Кишерт принимает ряд притоков, содержащих сульфатные воды с повышенной минерализацией вследствие развития по восточному борту Уфимского увала сульфатных отложений.

4. *Область преобладания гидрокарбонатно-кальцево-сульфатных и гидрокарбонатно-сульфатно-кальцевых фаций* с минерализацией вод 200-500 мг/л занимает основную часть провинции III. Формирование химического состава вод происходит в основном за счет значительной загипсованности терригенных пермских отложений и близкого залегания гипсов Кунгурского яруса.

IV. Провинция преобладания гидрокарбонатно-кальцевых фаций занимает всю западную равнинную часть Пермского края, расчлененную долинами р. Камы и ее притоков. В отличие от предыдущих провинций здесь ярче широтная зональность. Количество атмосферных осадков и водоносность рек уменьшаются с севера на юг, что отражается на составе и минерализации речных вод. В связи с этим здесь выделены три гидрохимические области: 5, 6 и 7.

5. *Область преобладания гидрокарбонатно-кальцево-кремнеземных фаций* с минерализацией вод 100-200 мг/л. Реки севера края текут среди палеозойских пород, перекрытых песчано-глинистыми четвертичными отложениями. Высокая залесенность и значительная заболоченность способствуют преобладанию в речных водах HCO_3^- , Ca^{2+} и SiO_2 . Выходы глубинных подземных вод увеличивают содержание в

них Cl^- и Na^+ . В результате формируются гидрокарбонатно-кальциево-хлоридные и гидрокарбонатно-хлоридно-натриевые фации (реки Лупья, Сев.Черновка и др.).

6. *Область преобладания гидрокарбонатно-кальциево-натриевых фаций* занимает бассейны рек Коса, Кондас, Иньва, Обва и др. с минерализацией вод 200-500 мг/л. Наряду с основной фацией здесь встречается и гидрокарбонатно-кальциево-магниева. Территория сложена песчано-глинистыми преимущественно четвертичными отложениями. Повышенное содержание в водах натрия авторы объясняют катионным обменом их с глинистыми породами.

7. *Область преобладания гидрокарбонатно-кальциево-сульфатных и гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевых фаций* занимает южную левобережную часть провинции, занятой, главным образом, Тулвинской возвышенностью с максимальными высотами 400-450 м. Минерализация воды в реках (Бабка, Тулва, Сайгатка, Буй, Пизь и др.) колеблется в пределах 300-1000 мг/л, что обусловлено более сухим климатом и широким распространением верхнепермских терригенных нередко загипсованных отложений.

Как видно из рис. 6.1, на границе провинций III и IV дополнительно выделены четыре гидрохимических района (А, Б, В и Г), что объясняется преобладанием здесь на химизм вод влияния литологии пермской системы, а также возможным подтоком глубинных минерализованных вод или загрязнением промстоками.

А. Район преобладания хлоридно-натриево-гидрокарбонатных фаций занимает бассейн р. Вишерка на севере Пермского края (на рис.6.1 буква А практически не видна). Высокая минерализация вод (500-1000 мг/л) объясняется питанием их солеными источниками.

Б. Район преобладания гидрокарбонатно-хлоридно-натриевых фаций с минерализацией речных вод 200-500 мг/л расположен в низовьях рек Вишера и Язьва, а также занимает бассейны Глухой Вильвы, Боровой, Усолки, Зырянки. Химический состав определяется во многом выщелачиванием соляных залежей, а также загрязнением промстоками.

В. Район преобладания сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевых фаций в низовьях рек Яйвы и Косьвы с минерализацией вод

200-500 мг/л выделен главным образом в связи со спуском в реки промстоков и шахтных вод Кизеловского промышленного района.

Г. Район преобладания сульфатно-кальциево-гидрокарбонатных и сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевых фаций с широким распространением карстовых процессов. Воды рек Полазна, Ирень, Кунгур, Кишертка и других в межень характеризуются сульфатно-кальциево-гидрокарбонатной фацией с минерализацией более 1000 мг/л, а реки Добрянка и Нижняя Сылта – сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевой фацией с минерализацией 500-1000 мг/л за счет питания карстовыми водами сульфатных отложений.

В заключение авторы на основании гидрохимического состава и минерализации речных вод отмечают резкое падение (в 2-4 раза) минерализации этих вод в период половодья по сравнению с меженью и преобладание в этот период гидрокарбонатно-кальциево-кремнеземных и гидрокарбонатно-кальциевых фаций, а также делают вывод о том, что, за исключением районов А, Б, В и Г, речные воды пригодны для питьевого и промышленного водоснабжения.

К этому можно добавить, что выделенные сотрудниками ПГУ гидрохимические провинции и области отражают черты широтной зональности и высотной поясности в распределении природных процессов, а районы А, Б, В и Г иллюстрируют черты азональности, связанные во многом уже с влиянием антропогенных факторов.

6.1.2. Исследования УрУГМС

Исследования химического состава речных вод Среднего Урала и Приуралья (бассейны рек Камы и Тобола) Уральским управлением гидрометеорологической службы (УрУГМС) были начаты в 1938-39 гг. На гидрологических постах был организован отбор проб воды в различные фазы водного режима рек (подъем, пик и спад весеннего половодья, летняя и зимняя межень, дождевые паводки). В лабораториях гидрометслужбы в соответствии с Руководством по химическому анализу вод суши (Гидрометеоиздат, 1941) определялось содержание главных ионов (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$), биогенных элементов (NO_3^- ,

NO_2^- , фосфаты, общее железо, кремний) и растворенных в воде газов (O_2 , CO_2), а также pH, бихроматная и перманганатная окисляемость.

По степени минерализации речные воды разделены по сумме ионов на следующие группы: слабоминерализованные – до 100 мг/л, маломинерализованные – 100-200 мг/л, средней минерализации – 200-400 мг/л, повышенной – 400-1000 мг/л и высокоминерализованная вода – свыше 1000 мг/л.

Результаты анализа речных вод публиковались в гидрологических ежегодниках, а их обобщение по программе составления государственного водного кадастра было завершено в 1968 г. [21]. Работа эта была выполнена старшим инженером УрУГМС Л.И. Кучуковой, научная экспертиза произведена в Государственном гидрологическом институте, а рецензирование – в Гидрохимическом институте.

Отбор проб воды на химический анализ производился в пределах Пермского края на 42 постах. Продолжительность этого отбора была, к сожалению, разной: на многих постах до 5 лет и только четверти постов – более 10 лет. Всего по нашим рекам проанализировано около 950 проб воды. Кроме того, выполнено небольшое количество анализов дождевой и талой снеговой воды. Однако указанное количество данных позволило дать анализ лишь пространственной и временной изменчивости химического состава речных вод. При этом были использованы данные только по малым и средним (до 10 тыс. км²) водосборам. Химизм вод крупных рек с полизональным стоком рассмотрен отдельно. Исходные данные приведены в указанных выше выпусках водного кадастра. Кратко охарактеризуем изложенные результаты УрУГМС по основным фазам водного режима рек.

Весеннее половодье формируется главным образом талыми снеговыми водами, стекающими по поверхности и внутри почвенного покрова. Поэтому воды рек в эту фазу их водного режима отличаются наименьшей минерализацией. Особенно низкая минерализация (<50 мг/л) характерна для севера равнинной части Пермского края и большей части бассейна горных рек Вишеры, Яйвы, Косьвы, а также правобережных притоков р. Чусовой. Далее к югу в бассейнах Иньвы, Обвы, низовьях Яйвы и Косьвы минерализация возрастает от 50 до 100 мг/л, а еще южнее – до 200 мг/л и более.

Анионный состав большинства рек отличается преобладанием гидрокарбонатных ионов. В реках с заболоченными водосборами повышается содержание сульфатных ионов. А в водах рек Яйвы и Косьвы эти ионы преобладают над гидрокарбонатными, что объясняется вымыванием из гипсоносных пород. Повышенное содержание ионов SO_4^{2-} отмечается в районах развития карста (бассейны рек Барда, Ирень, Тюй).

В катионном составе почти везде наблюдается преобладание Ca^{2+} . Содержание натрия невелико, однако в отдельные годы отмечается его повышение. Самая низкая минерализация речных вод наблюдается в годы с высокими половодьями.

На спаде весеннего половодья, т.е. в период, переходный от половодья к летней межени, почвенно-поверхностный сток практически прекращается, основная доля в питании рек приходится на почвенно-грунтовые воды. Химический состав вод, формирующихся в нижней части почвенного покрова и верхней части подстилающих ее грунтов, резко изменяется, минерализация воды возрастает. В лесной зоне севера области и горных районах она колеблется в пределах 50-150 мг/л. Присутствие в водах карбонатных соединений кальция и магния приводит к снижению относительного содержания ионов SO_4^{2-} и Cl^- и увеличению концентрации гидрокарбонатных ионов вплоть до резкого преобладания. Самой высокой минерализацией отличаются реки юга Пермского края. На большей части его территории распространены гидрокарбонатные воды с преобладанием HCO_3^- . В процессе просачивания воды в глубь почвогрунтов происходит частичная нейтрализация гумусовых и минеральных кислот с образованием и выпадением комплексов. В результате этого снижается концентрация ионов H^+ и наблюдается увеличение pH воды до нейтральных значений.

В период межени реки питаются преимущественно грунтовыми водами более глуболежащих водоносных горизонтов. Минерализация речных вод в этот период увеличивается по сравнению с периодом прохождения пика весеннего половодья в 3-10 раз. Особенно высокая концентрация в воде растворенных веществ наблюдается в конце зимы. В пространственном распределении минерализации воды в периоды

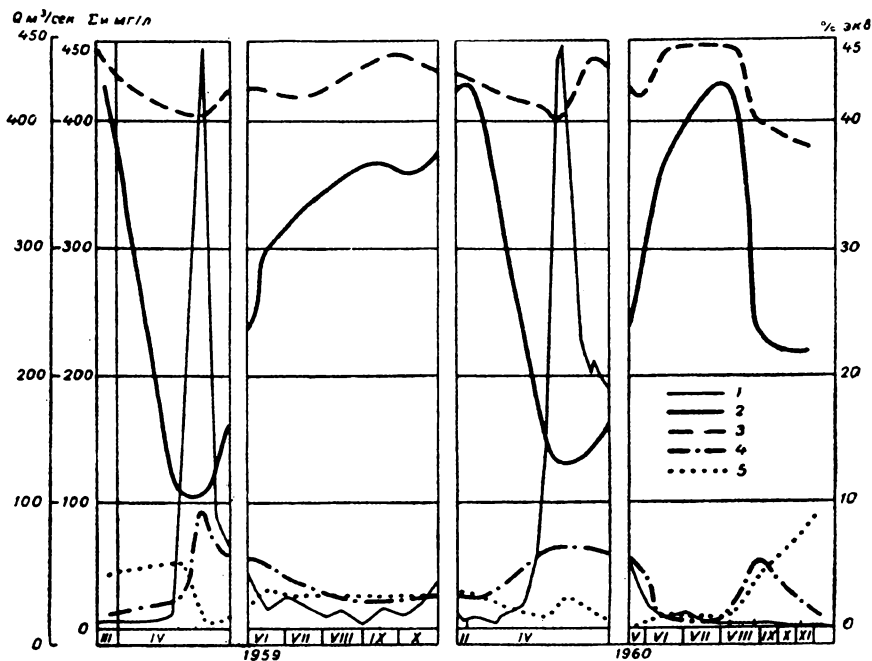


Рис. 6.2. Сезонное изменение минерализации и химического состава воды р. Обва у с. Карагай ($F=4310 \text{ км}^2$):

1 – расход воды, $Q \text{ м}^3/\text{с}$; 2 – сумма ионов Σ , мг/л ; 3 – HCO_3^- ;
4 – SO_4^{2-} ; 5 – Cl^- , (% экв)

летне-осенней и зимней межени сохраняется та же закономерность: она возрастает с севера на юг в пределах равнины и с востока на запад в горных районах.

В период летней межени вода рек лесной зоны Пермского края отличается минерализацией до 200 мг/л . Далее к югу в бассейнах рек Иньвы, Обвы, в низовьях Яйвы, Косьвы и Чусовой она возрастает до 400 мг/л , а на крайнем юге – до 500 мг/л и более.

Зимой концентрация растворенных в воде веществ еще более возрастает. Сужается к северу территория с минерализацией воды до 200 мг/л . Бассейны рек Косы, Вишеры, верховье Яйвы оказываются уже в зоне с минерализацией 200–300 мг/л , а бассейны Иньвы, северная часть бассейна Обвы и средняя часть бассейна реки Чусо-

вой – 300-400 мг/л. Далее к югу реки правобережья Камы, а также бассейны реки Сылвы и низовье ее притока Ирени характеризуются минерализацией воды от 400 до 700 мг/л. На крайнем юге Пермского края в областях распространения карстующихся пород минера-

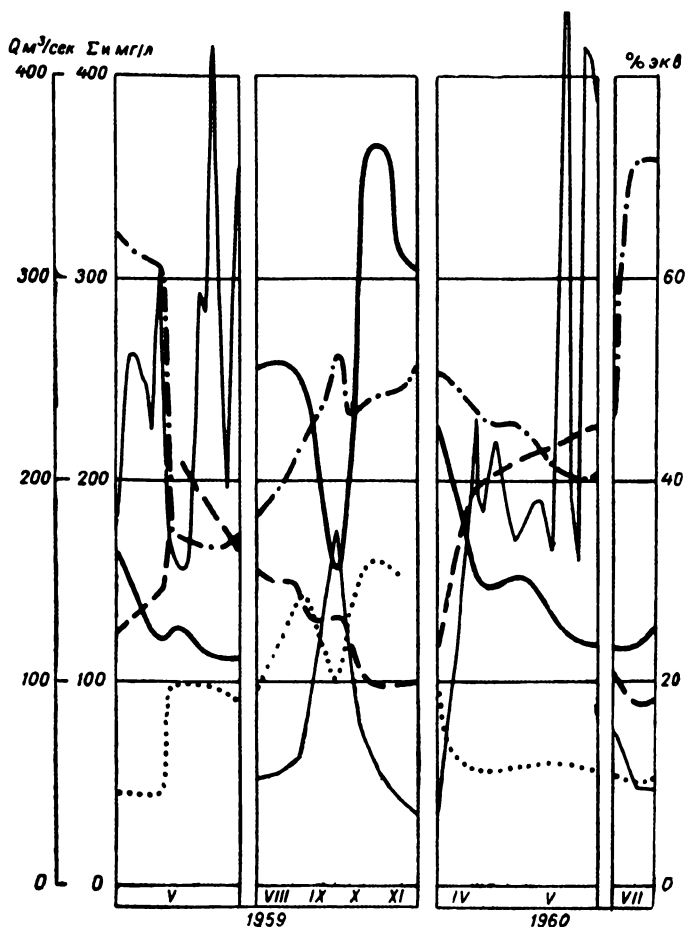


Рис. 6.3. Сезонное изменение минерализации (Σ , мг/л) и химического состава русловых вод пониженной минерализации, формирующихся на водосборе второй группы (р. Косьва – с. Останино, $F=6220$ км²):

1 – расход воды, Q м³/с; 2 – сумма ионов Σ , мг/л; 3 – HCO_3^- ;
4 – SO_4^{2-} ; 5 – Cl^- , (% экв)

лизация воды достигает 700-1000 мг/л и даже более (реки Ирень, Быстрый Танып).

На основе результатов исследования Л.И. Кучукова по химическому составу выделила две группы поверхностных вод, а также воды районов с развитием карста.

Преобладает в пределах Пермского края *первая группа*. Водосборы этой группы отличаются хорошо отмытым от легкорастворимых солей почвенным покровом и минерализацией воды рек в разные сезоны не более 700 мг/л. Подчеркивается хорошо выраженный гидрокарбонатный характер вод с преобладанием ионов кальция. Содержание сульфатных ионов SO_4^{2-} возрастает в водах рек Пермского края только в южной его части. Низкое содержание этих ионов характерно для верхней Камы, Весляны, Иньвы, Обвы. В качестве примера рек первой группы приводится график (рис. 6.2), отражающий сезонное изменение минерализации и химического состава вод р.Обвы у с.Карагай за 1959 и 1960 гг., отличающихся водностью ниже средней.

Воды *второй группы* рек обычно более минерализованы и отличаются хорошо выраженным сульфатным характером. Однако горные реки Пермского края (Березовая, Косьва, ее приток Вильва и др.) отличаются довольно малой минерализацией вод (300-500 мг/л). На рис. 6.3 приводится аналогичный предыдущему график по р.Косье у с.Останино.

В *районах распространения карста* химический состав поверхностных вод может часто иметь аazonальные черты. Наибольшее влияние на минерализацию и химический состав вод оказывают легкорастворимые карбонатные и сульфатные породы. В случае преобладания в литологическом составе известняков, доломитов и мела развивается карбонатный карст, а в гипсах и ангидритах – сульфатный. Соответственно и преобладают в водах те или другие ионы, а общая минерализация воды в реках по сравнению с зональной возрастает в 1,5-2 раза. Вода таких рек как Сылта (в среднем течении) и Ирень, большую часть года сохраняет сульфатный характер, а во время половодья – в ней вплоть до преобладания наблюдается увеличение количества гидрокарбонатных ионов.

Река Сылва в гидрохимическом отношении интересна тем, что меняется характер ее воды от истока к устью. В верховьях вода этой реки характеризуется малой минерализацией и преобладанием гидрокарбонатных ионов. В среднем же течении при прохождении через сульфатные породы карстового района характер воды меняется на сульфатный с преобладанием Ca^{2+} и возрастает минерализация воды.

Река Чусовая отличается гидрокарбонатным характером воды при повышенной и средней минерализации, которая увеличивается от истока к устью. В период прохождения пика половодья минерализация составляет 50-170 мг/л, а в конце зимы она возрастает до 120-480 мг/л. К устью реки увеличивается содержание ионов SO_4^{2-} , а также абсолютное содержание анионов HCO_3^- (от 20-30 до 150-200 мг/л). Содержание ионов Cl^- невелико. В составе катионов в течение года на протяжении всей реки в разной степени выражено преобладание ионов Ca^{2+} . Значительно и содержание ионов Mg^{2+} , особенно в верховьях реки.

Изменчива по химическому составу вниз по течению и вода р. Камы. Главное влияние на этот состав оказывают почвы и горные породы. Верхние притоки (Весляна, Лупья, Южная Кельма) несут в Каму маломинерализованные воды гидрокарбонатного характера с преобладанием в составе катионов Ca^{2+} . Отличительной особенностью этих рек является наличие в их водах повышенного количества железа и органических веществ. Река Вишера несколько увеличивает минерализацию вод Камы, а реки Яйва и Косьва приносят сульфатно-кальциевые воды. В среднем течении на химический состав камских вод большое влияние оказывает р.Чусовая. Минерализация воды в верхней Каме изменяется в пределах 30-60 мг/л. В составе анионов преобладают ионы HCO_3^- , значительно содержание ионов SO_4^{2-} и очень мало ионов Cl^- . Среди катионов преобладает Ca^{2+} . Концентрация ионов $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ колеблется в пределах 1,2-6,2 мг/л.

По химическому качеству поверхностных вод, пригодных для питьевых целей, в материалах ГуГМС [21] выделены три группы: воды с хорошими, удовлетворительными и неудовлетворительными питьевыми свойствами. Деление это основано как на оценке минерализации воды и ее химического состава, так и перманганатной окисляе-

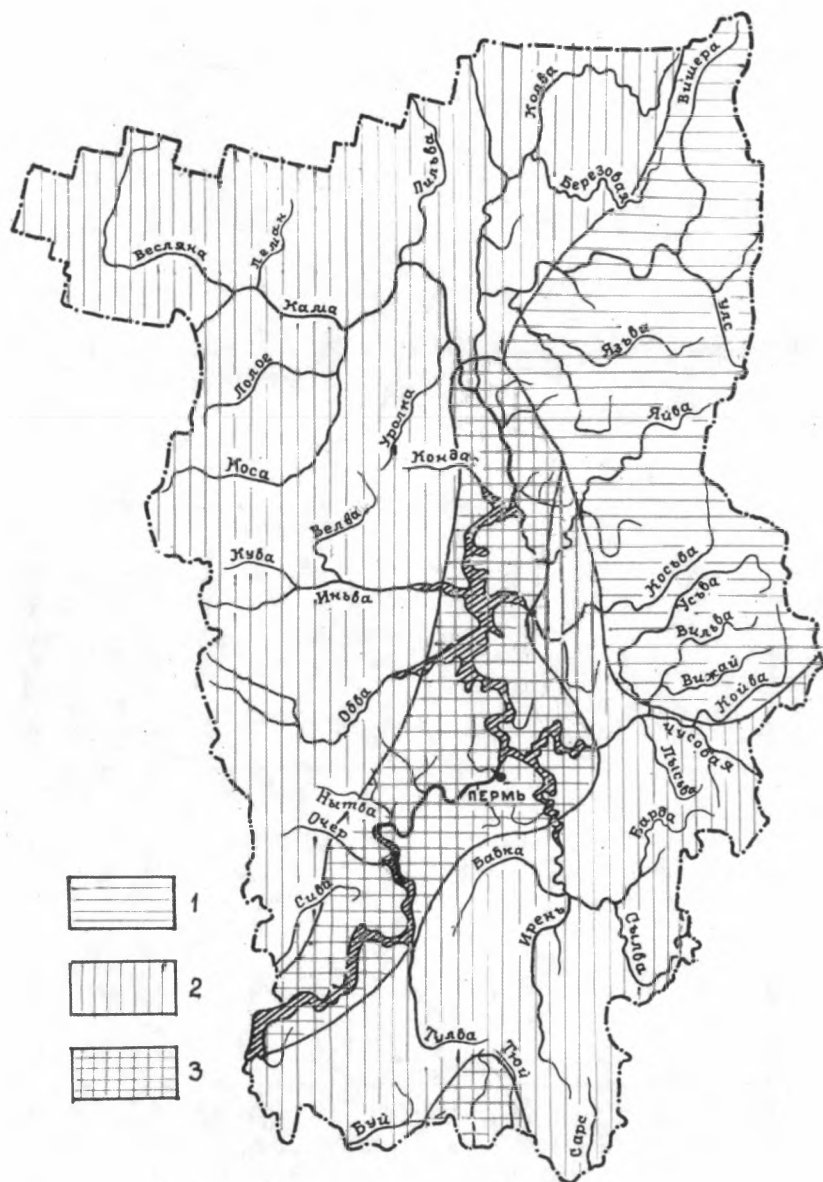


Рис. 6.4. Качество речных вод:

1 – хорошее, 2 – удовлетворительное, 3 – неудовлетворительное качество

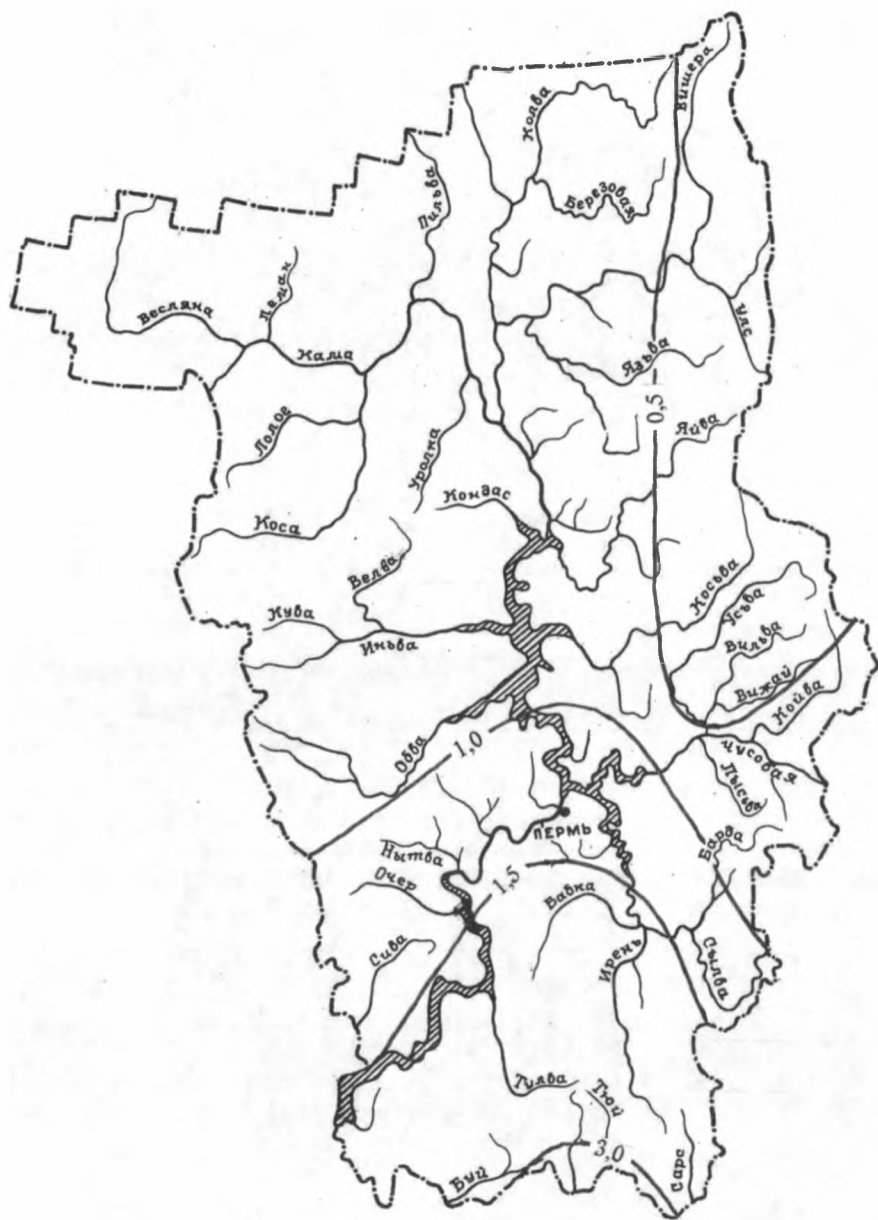


Рис. 6.5. Жесткость речных вод в период прохождения половодья, мг-экв/л

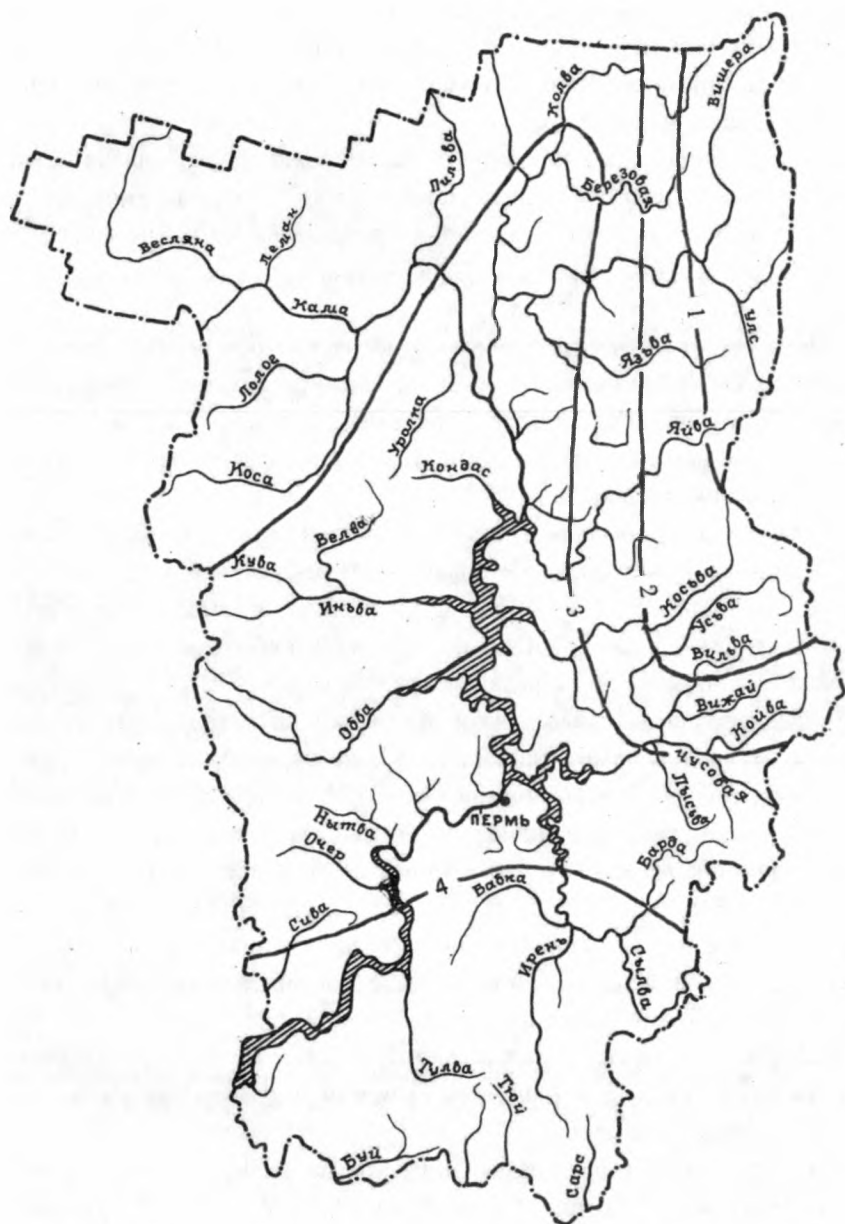


Рис. 6.6. Жесткость речных вод в период зимней межени, мг-экв/л

мости, общей жесткости и содержания вредных примесей, которые могут образовываться и в результате естественных процессов. По перманганатной окисляемости (ПО) определяется содержание в воде органических веществ.

Вода оценивается как *хорошая*, если ее минерализация не превышает 600 мг/л, ПО составляет менее 10 мг О/л, общая жесткость не выше 3 мг-экв/л и в ней отсутствуют вредные примеси. Это вода большей части бассейнов Вишеры, Яйвы, Косьвы, а также правых притоков р.Чусовой.

Вода имеет *удовлетворительное качество* при минерализации в пределах 600-1000 мг/л, ПО 10-20 мг О/л, при величине общей жесткости 3-9 мг-экв/л и количестве вредных примесей, не превышающем санитарные нормы. К этой группе относятся воды большей части территории Пермского края.

Неудовлетворительным качеством характеризуется вода при содержании растворенных солей выше 1000 мг/л, общей жесткости выше 9 мг-экв/л, ПО более 20 мг О/л и вредных примесей выше допустимых норм. К этой группе относятся воды небольших рек, главным образом, в промышленно развитых районах (рис. 6.4).

Отдельно рассматривается такой важный показатель качества воды, как ее *жесткость*, оцениваемая, как уже отмечалось выше, суммой ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} . В исследованиях УрУГМС она оценивается в мг-экв/л, учитывающих различие эквивалентной массы этих элементов. Приняты следующие градации жесткости воды: очень мягкая до 1,5 мг-экв/л, мягкая 1,5-3,0, умеренно жесткая 3,0-6,0, жесткая 6,0-9,0 и очень жесткая – свыше 9,0 мг-экв/л. Величина общей жесткости, согласно минерализации, изменяется во времени. Маломинерализованным водам свойственна низкая жесткость и, наоборот. На рис. 6.5 и 6.6 приведены схематические карты, отражающие пространственную изменчивость жесткости речных вод Пермского края в периоды прохождения полового и зимней межени.

Читатель, конечно, обратит внимание на то, что в зоне хорошего качества речных вод (рис. 6.1, 6.4) оказался и Кизеловский угольный бассейн, предприятия которого уже тогда сильно загрязняли некоторые реки. Причина здесь заключается не только в недостаточности гидро-

химической информации, но, главным образом, в различии критериев оценки качества вод. Ранее качество вод оценивалось по трем показателям – минерализации, общей жесткости, перманганатной окисляемости. В настоящее время таких критериев на порядок больше и оценка качества речных вод поэтому гораздо строже. Число рек с неудовлетворительным качеством воды в связи с этим значительно увеличилось.

Исследуется Уральским УГМС и наличие в речных водах органических веществ, а также и биогенных соединений.

О количестве и качестве *органических веществ* в воде судят не только по величине окисляемости, но и ее цветности. Важно и соотношение между ними.

Цветность, выраженная в градусах платино-кобальтовой шкалы, меняется по территории Пермского края от 0° до 170°. Максимум цветности наблюдается в половодье, минимум – зимой. Наибольшей цветностью во все сезоны отличается верхняя Кама (с.Бондюг) вследствие наличия гумусовых органических веществ болотного происхождения. Малой цветностью отличаются воды горных рек. С увеличением цветности возрастает и окисляемость речных вод. Перманганатная окисляемость изменяется по территории от 0 до 36 мг О/л, бихроматная – от 4 до 35 мг О/л (сведения о последней имеются лишь по одному посту на р. Каме).

Наличие *биогенных соединений* в речных водах невелико. В незагрязненной воде нитриты не превышают 0,1 мг/л, содержание нитратов больше и достигает в отдельных реках 4-5 мг/л, обычно же – не более 3 мг/л. Фосфаты обнаруживаются в концентрации не более 0,2 мг/л. Самые низкие их концентрации бывают летом, а максимум – зимой. Довольно велика вариация содержания железа – от низкой (0-0,1 мг/л) до повышенной (0,5-1 мг/л). Повышенное его содержание наблюдается в реках северной тайги в связи с заболоченностью водосборов, а также в р. Косье, в бассейне которой имеются железные руды.

Концентрация соединений кремния обычно находится в пределах 2-8 мг/л и повышается в горных реках севера края.

В заключение следует отметить, что большая часть гидрологических постов на момент обобщения информации располагалась на ре-

ках, в бассейнах которых влияние хозяйственной деятельности проявлялось еще слабо. Поэтому материалы исследования химического состава речных вод можно в первом приближении принять как характеристику влияния на него, главным образом, естественных условий. Это подтверждается и тем, что как в первом, так и во втором исследованиях четко отражено влияние на гидрохимический режим рек зональных факторов его формирования. Поэтому, используя закономерности изменчивости этого режима во времени и пространстве, можно составить при необходимости и примерное представление о гидрохимии неизученной реки. Рекомендации к решению этой задачи в исследованиях Ур УГМС имеются.

Необходимо, правда, заметить, что высокое содержание железа в ряде рек северной тайги, объясняемое только заболоченностью их водосборов, требует проверки.

К сожалению, подобных обобщений результатов исследований гидрохимического режима Пермского края в последующем не проводилось.

6.2. Анализ влияния антропогенных факторов

Систематическое наблюдение за качеством воды в водных объектах, разработка мер по уменьшению их загрязнения промышленными, сельскохозяйственными, коммунальными и другими предприятиями (антропогенными факторами), внедрение новых технологий очистки загрязненных вод, разработка путей экономии воды и охрана природных вод – это огромный комплекс задач, объединяемый проблемой «Чистая вода – стратегический резерв настоящего и будущего». Понятно, что в рамках настоящей книги невозможно охватить всю эту проблему. Результаты регулярных наблюдений за качеством речных вод публикуются в специальных ежегодных изданиях.

К сожалению, антропогенные факторы, особенно в районах интенсивного промышленного развития, оказывают весьма существенное негативное влияние на химический состав природных вод. Под влиянием антропогенных факторов, в отличие от естественных условий формирования, изменение химического состава происходит весьма

интенсивно за непродолжительный период времени. Разнообразная хозяйственная деятельность человека может оказывать влияние как в результате непосредственно прямого воздействия (сбросы сточных вод), так и косвенно (выбросы в атмосферу, регулирование стока, изменение ландшафта прибрежной полосы).

Одной из особенностей антропогенного воздействия на природную среду Западного Урала является наличие крупных месторождений полезных ископаемых, которые способствуют развитию на его территории производственных комплексов, связанных с добычей и переработкой минерального сырья. В связи со спецификой развития производства в речные воды Пермского края вместе со сточными водами поступает значительное количество загрязняющих веществ, в том числе и металлов, которые представляют серьезную опасность для водных объектов. Наиболее сильно техногенное загрязнение скапливается на малых реках, поскольку способность таких рек к разбавлению и процессам самоочищения весьма невелика, особенно в меженный период.

Необходимо отметить, что с начала 90-х гг. прошлого столетия наметилась устойчивая тенденция к уменьшению поступления в реки металлов со сточными водами предприятий. Эта тенденция объясняется, прежде всего, общим экономическим спадом производства в стране, а также проведением эффективных природоохранных мероприятий.

Рассмотрим далее влияние на качество речных вод различных источников загрязнения, а также результаты суммарного их влияния на изменение химического состава речных вод.

Крупнейшими источниками техногенного загрязнения металлами в области являются *градопромышленные комплексы*. На другие источники сброса металлов в области приходится около 1%.

Крупнейшими источниками загрязнения наших вод являются, конечно, Соликамско-Березниковский и Пермский промышленные комплексы. Главным образом их стоками загрязняются Камское и Воткинское водохранилища, однако рассмотрение гидрохимического режима этих водоемов не входит в нашу задачу. Из других комплексов следует прежде всего назвать предприятия Кизелов-

ского угольного бассейна в городах Кизел, Гремячинск, Губаха, где основной вклад в поступления твердых металлов вносит угольная промышленность, а также предприятия черной и цветной металлургии. Существенный вклад в сброс твердых металлов вносит и жилищно-коммунальное хозяйство, в основном за счет передачи промышленными предприятиями своих стоков на городские очистные сооружения.

За последние годы снижение производственной и технологической дисциплины обусловило значительный рост числа аварийных ситуаций на промышленных предприятиях и трубопроводах. Крупные аварии, прежде всего связанные с разливами нефтепродуктов, приносят наиболее серьезный ущерб водным объектам.

Черная и цветная металлургия. Со сточными водами предприятий черной и цветной металлургии в больших количествах в водные объекты поступают соединения тяжелых металлов. Так, например, для среднего течения р. Чусовой сбросы металлургических предприятий играют доминирующую роль в загрязнении ее воды металлами, в особенности медью. Наиболее сильное загрязнение р. Чусовой происходит в районе г. Первоуральска. Здесь вследствие сброса сточных вод Ревдинского медеплавильного завода, а также фильтрации из отстойников АО «Хромпик» в реке резко увеличивается содержание меди, цинка, хрома, марганца и других тяжелых металлов.

Угольная промышленность. Основная масса сброса тяжелых металлов приходится на территорию Кизеловского угольного бассейна. Разработка Кизеловского угольного бассейна началась в конце XVIII в. Здесь было задействовано более 40 шахт, оказывавших существенное влияние на гидрохимический режим рек этой территории. Основным источником загрязнения рек стали шахтные воды с высоким содержанием в них металлов.

Главной причиной накопления микроэлементов в шахтных водах является значительная активизация процессов выщелачивания из обогащенных металлами углей и наличие большого количества серы в углях ($S_{\text{общ}}$ до 11%). Дренируемые шахтами нейтральные подземные воды, промывая угли и вмещающие породы, обогащаются сернокислыми соединениями, и возникающая при этом кислая среда

способствует резкой активизации их химического выветривания. В результате этого процесса содержание железа Fe^{2+} в воде отдельных шахт достигает сотен миллиграммов на литр. Следует отметить, что и после закрытия шахт проблема загрязнения рек шахтными водами остается актуальной. Это объясняется тем, что эти воды изливаются из ряда шахт даже после их закрытия. Кроме того, шахтные стоки с высоким содержанием тяжелых металлов дренируются из-под породных отвалов и терриконов. Не сразу прекратятся также ливневые стоки в реки с промышленных площадок предприятий этого угольного бассейна.

Дражные разработки. Дражными разработками называют процесс извлечения ценных минералов из рассыпных месторождений в долинах рек с помощью специальных плавучих механизмов – драг. В бассейне р. Вишеры располагаются производственные площадки прииска АО «УралАЛМАЗ», которые уже более полсотни лет ведут дражным способом добычу полезных ископаемых, прежде всего алмазов. Основные участки добычи расположены на реках Б. Щугор, Б. Колчим, Колчим, Талая площадью водосбора до 320 км². Режим работы драг, связанный с добычей, длится обычно с апреля по ноябрь. При проведении дражных разработок меняется не только гидрологический и гидрохимический режим реки. Содержание металлов в воде этих рек ниже дражных разработок может увеличиваться в десятки раз. Подвергается большому изменению и все дно долины рек.

В течение 1997-1998 гг. применительно к различным фазам гидрологического режима в бассейне р. Вишеры проводились экспедиционные исследования Камским бассейновым водным управлением с целью оценки влияния прииска АО «УралАЛМАЗ» на гидрохимический режим водных объектов. Кроме отбора проб в точках выше и ниже производственных площадок АО «УралАЛМАЗ» проводилось так же и гидрологическое обследование рек.

В целом по Пермскому краю концентрированные сбросы промышленных сточных вод ежегодно составляют около 2,5-2,8 млрд м³. Основная их часть (около 90%) предварительно очищается. Каким образом происходит процесс очистки и лабораторный контроль качества воды, описано в книге Я. Вайсмана и И. Ежикова «Живая вода Прика-

мья» [2]. Вряд ли что-то существенно изменилось в решении этих проблем за прошедшие годы. «Нормативно очищенная» или «нормативно чистая» – это еще не та вода, которую смело можно использовать для питьевых целей.

Наряду с большими концентрированными сбросами в реки загрязняющих веществ крупными промышленными предприятиями значительную долю в общее загрязнение речных вод вносят и небольшие, но многочисленные источники загрязнения рек, рассредоточенные по всей площади их водосборных бассейнов. Прежде всего, это, конечно, территории городов.

Но не только города являются источниками загрязнения рек. В реки попадают неочищенные стоки животноводческих комплексов, изливы нефти при авариях нефтепроводов, стоки с территории многочисленных баз сельхозтехники и автопарков, неряшливо брошенные минеральные удобрения. При этом поступление загрязняющих веществ происходит не только смывом с поверхности, но и через толщу почв и горных пород. Следовательно, происходит загрязнение и подземных вод, питающих реки.

Еще одним, пока неясным для нас, путем рассредоточенного поступления загрязняющих веществ на всю поверхность речного бассейна является *атмосфера*. Выбросы в атмосферу из высоких труб промышленных предприятий, а также автомобильных газов, как и вулканическая пыль, могут распространяться на многие сотни километров, попадая на поверхность речного водосбора либо путем сухого осаждения, либо с атмосферными осадками. И этот источник загрязнения поверхностных вод нельзя недооценивать. Об этом с тревогой напоминал нам еще в 1980 г. профессор А.М.Черняев, бывший директор Российского института водного хозяйства. В своей книге «Самый удивительный минерал» [26] он писал: «Ежегодно при строительных и горных работах перемещается более четырех тысяч кубических километров породы, из недр мы извлекаем более ста миллиардов тонн руды, сжигаем семь миллиардов тонн условного топлива, вносим на поля 300 миллионов тонн минеральных удобрений и четыре миллиона тонн ядохимикатов. В то же время в атмосферу выбрасывается 23 миллиарда тонн углекислоты и бо-

лее одного миллиарда тонн других соединений. Все больше в биосфере рассеивается железа, меди, цинка, мышьяка, ртути, бериллия, кадмия, селена, свинца, кобальта, урана и других элементов. Искусственное поступление химических элементов из недр на поверхность Земли уже в сто раз больше естественного.

Добыча руды и производство металлов удваивается примерно каждые десять лет. Железа сейчас производится более 500 миллионов тонн в год. Около четверти этого количества составляют необратимые потери, которые загрязняют биосферу. Цветных металлов утрачивается еще больше – до 60-70%. *Значительная часть рассеивающихся металлов неизбежно попадает в природные воды.* Вот доказательство: содержание свинца в морской воде за последние 20 лет возросло в 10 раз». И этот прогноз, к сожалению, полностью подтвердили в наше время томские ученые. По их оценкам выбросы в атмосферу предприятиями Томской области твердых веществ, окиси углерода, углеводорода, окиси азота и сернистого ангидрида составляют 221 тыс. т в год. К ним добавляется 166 тыс. т выбросов автотранспорта. В итоге, в гидрохимическом балансе рек Среднего Приобья атмосферные выпадения составляют по макроэлементам 37,4% и по органическому углероду – 16,3%. А в водах рек Верхней Оби от 10 до 26% сульфатов составляют выбросы Экибастузской ГРЭС [22].

6.3. Современная оценка качества речных вод

К сожалению, исследования подобные томским на территории Пермского края не проводились. Наблюдения за гидрохимическим режимом рек осуществляются, главным образом, лишь в нижней части их течения, а анализы дождевых и талых вод выполняются только по нескольким пунктам края и по очень небольшому счету ингредиентов.

По этим результатам мы можем судить лишь о суммарном воздействии всех факторов на загрязнение основных рек. В 2005-2010-х гг. Пермский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Пермский ЦГМС) гидрохимические наблюдения проводил на 18 реках и 3 водохранилищах, отбирая в разные сезоны пробы воды в 48 створах на 35 постах. Определялись 35 показателей физического,

газового, биогенного, органического, солевого состава, загрязняющих веществ. По результатам анализов определено среднегодовое значение удельного комбинаторного индекса загрязненности воды, по которому дается в настоящее время оценка ее качества.

По этой строгой оценке вода ряда наших рек, даже там, где нет крупных источников ее загрязнения, признается непригодной для питьевых целей без соответствующей очистки. Одна из главных причин такой ситуации – высокое содержание растворенного железа в наших водах, превышающее допустимые нормы, чему ранее не придавалось значения. Достаточно высокое содержание железа характерно для многих почв и горных пород, распространенных в Пермском крае. Комплексная оценка качества речных вод приводится в ежегодно издаваемом сборнике «Состояние и охрана окружающей среды Пермского края».

Однако нельзя относить повышенное содержание железа и ряда других ингредиентов только к влиянию природных условий. Влияние антропогенных факторов все больше распространяется на территорию речных бассейнов путем атмосферного переноса и последующего осаждения вредных веществ, выбрасываемых трубами промышленных предприятий, а также миллионами автомобилей. Сотни тысяч тонн этих веществ, выбрасываемых ежегодно в атмосферу только в Пермском крае, не уходят в космос, а «засевают» окружающую территорию. По крайней мере часть из них попадает затем в реки и даже в подземные воды. Как было отмечено выше, масштабы этого процесса очень широки, т.е. в пределы Пермского края могут поступать воздушным путем различные загрязнители и со смежных территорий, а также с более отдаленных. Подтверждает такое предположение факт привноса западными ветрами в пределы края дымов лесных пожаров в центре Европейской России летом 2010г.

6.4. Главная водная проблема

Изложенные сведения о современном состоянии качества воды в реках Пермского края позволяют со всей ответственностью считать сложившуюся ситуацию тревожной. Мы слишком долго только фикс-

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бессонов Б.В. Поездка по Вологодской губернии в Печорский край к будущим водным путям на Сибирь. – СПб., 1909. – 232 с.
2. Вайсман Я.И., Ежиков И.Г. Живая вода Прикамья. – Пермь: Перм. кн. изд-во, 1983. – 142 с.
3. Власов Ю.В. Из истории транспортных связей и проектирования водных путей из Прикамья в Печоро-Вычегодский край // География Пермской области. – Пермь: Изд-во Перм.ун-та, 1964. Вып.2. – С.29-37.
4. Геннин В.И. Описание уральских и сибирских заводов. – М.: Изд-во АН СССР, 1937. – 656 с.
5. Гинко С.С. Катастрофы на берегах рек. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 127 с.
6. Двинских С.А. и др. Водные объекты и их роль в формировании экологической обстановки города Перми. – Пермь: Изд-во Перм.ун-та, 2008. – 175 с.
7. Дубилет Н.Н., Соколов В.С. Кама сегодня и завтра. – Молотов: Молотовское кн.изд-во, 1956. – 84 с.
8. Зырянов А.И. Туристская география Пермского края. – Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2005. – 128 с.
9. Калинин В.Г. Ледовый режим рек и водохранилищ бассейна Верхней и Средней Камы. – Пермь: Изд-во Перм.ун-та, 2008. – 252 с.
10. Комлев А.М., Черных Е.А. Реки Пермской области. – Пермь: Перм. кн. изд-во, 1984. – 214 с.
11. Коробков И.М. Малые реки Пермской области и использование их в народном хозяйстве. – Перм.кн.изд-во, 1959. – 56 с.

12. Кузнецов Н.Т. Сокровища наших рек. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 158 с.
13. Лушников Е.А., Кротова Е.А., Жидкова Г.Г. Химическая география вод и гидрохимия Пермской области. – Пермь: Изд-во Перм.ун-та, 1967. – 60 с.
14. Максимович Г.А. Химическая география вод суши. – М.: Географиздат, 1955. – 328 с.
15. Матарзин Ю.М. Гидрология водохранилищ. – Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2003. – 296 с.
16. Михайлюк В.М. Город мой Пермь. – Пермь: Перм.кн.изд-во, 1973. – 172 с.
17. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Бассейн р. Камы. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. Т.1, вып. 25. – 707 с.
18. Назаров Н.Н., Егоркина С.С. Реки Пермского края. Горизонтальные русловые деформации. – Пермь: ИПК «Звезда», 2004. – 155 с.
19. Нытва – уголок России / Под ред. В. Кадочкикова. – Пермь: ООО «Раритет-Пермь», 2002. – 240 с.
20. Основные гидрологические характеристики. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. Т.11, вып. 1. – 474 с.
21. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. Т. 11. – 300 с.
22. Савичев О.Г., Иванов А.О. Атмосферные выпадения в бассейне Средней Оби и их влияние на гидрохимический сток рек // Изв. РАН, Серия геогр. 2010. №1. – С. 63-70.
23. Федосеев И.А., Близняк Е.В. Развитие гидрологии суши в России. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 302 с.
24. Шахов И.С. Водные ресурсы и их рациональное использование. – Екатеринбург: Изд-во «АКВА-ПРЕСС», 2000. – 289 с.
25. Шикломанов И.А. Антропогенные изменения водности рек. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 302 с.
26. Черняев А.М. Самый удивительный минерал. – Свердловск: Средне-Уральское кн.изд-во, 1980. – 192 с.
27. Черняев А.М., Прохорова Н.Б. Водные ресурсы, их использование и охрана. – Екатеринбург: Изд-во РосНИИВХ, 2002. – 300 с.

Сведения об основных реках Пермского края [21]

Название реки	Куда впадает и с какого берега	Длина, км	Площадь водосбора, км ²
Кама ^{*)}	Куйбышевское водохранилище (Камский залив)	1805	507000
Весляна	Кама (лв)	266	7490
Черная (Большая Соль)	Весляна (пр)	149	1800
Лупья	Кама (лв)	128	1380
Коса	Кама (пр)	267	10300
Лолог	Коса (лв)	137	2940
Южная Кельтма	Кама (лв)	172	5270
Лопья (Сев. Лопья)	Южная Кельтма (лв)	139	1040
Тимшор (Тимшер)	Южная Кельтма (пр)	235	2650
Пильва	Кама (лв)	214	2020
Уролка	Кама (пр)	140	2010
Вишера	Камское вдхр (лв)	415	31200
Язьва	Вишера (лв)	162	5900
Молмыс	Язьва (лв)	100	1090
Глухая Вильва	Язьва (лв)	234	1740
Колва	Вишера (пр)	460	1350
Березовая (Северная Рассоха)	Колва (лв)	208	3610
Березовка ^{*)}	оз. Чусовское	141	1970
Яйва	Камское вдхр (лв)	304	6250
Вильва	Яйва (лв)	107	1180
Кондас	Камское вдхр (пр)	102	1020
Иньва	Камское вдхр (пр)	257	5920
Велва (Вильва)	Иньва (лв)	199	1390

Название реки	Куда впадает и с какого берега	Длина, км	Площадь водосбора, км ²
Косьва (Бол. Косьва) *)	Камское вдхр (лв)	283	6300
Чермоз	Камское вдхр (пр)	121	748
Обва	Камское вдхр (пр)	247	6720
Нердва	Обва (лв)	115	1060
Чусовая*)	Камское вдхр (лв)	592	23000
Койва	Чусовая (пр)	180	2250
Усьва	Чусовая (пр)	266	6170
Вильва	Чусовая (лв)	170	3020
Вижай	Вильва (лв)	125	1080
Лысьва	Чусовая (лв)	112	1010
Сылва*)	Камское вдхр (лв)	493	19700
Барда	Сылва (пр)	209	1970
Шаква (Шаковка)	Сылва (пр)	167	1580
Ирень	Сылва (лв)	214	6110
Бабка	Сылва (лв)	162	2090
Тулва	Воткинское вдхр (лв)	118	3530
Сива*)	Кама (пр)	206	4870
Буй*)	Кама (лв)	228	6530
Пизь	Буй (пр)	151	2210
Тюй (Бол. Тюй)*)	Павловское вдхр.	193	3700
Сарс*)	Тюй (лв)	135	1370
Быстрый Таньп*)	Белая (пр)	345	7560

Примечания: 1. В перечень включены реки длиной 100 км и более.

2. Знаком *) обозначены реки, частично протекающие за пределами Пермского края.

Гидрографические характеристики бассейнов некоторых исследуемых рек Пермского края [20]

	Площадь водосбора, км ²	Средняя высота водосбора, м	Уклон реки, ‰	Лесистость, %	Распаханность, %	Закарстованность, %
1	2	3	4	5	6	7
Кама – с. Бондюг	46300	171	0,2	80	-	-
Весляна – д. Зюлева	7100	194	0,2	84	-	-
Коса – с. Коса	6340	186	0,4	78	-	0
Лолог – пос. Сергеевский	1600	192	0,8	73	-	
Пильва – д. Усть-Кайб	1870	176	0,2	94	1	0
Вишера – пос. Рябиново	30900	322	3,0	88	-	40
Язьва – с. Нижн. Язьва	5840	293	2,4	94	-	-
Глухая Вильва – пос. Усть-Сурмог	673	202	0,8	87	-	-
Колва – д. Подбобыка	10800	245	0,4	92	-	36
Березовая – д. Булдырья	3030	300	0,7	98	-	49
Яйва – д. Лубнище	5740	309	1,1	94	-	30
Кондас – с. Ошепково	896	161	0,6	62	12	0
Иньва – д. Слудка	5210	188	0,2	61	-	0
Велва – д. Ошиб	836	188	0,4	85	3	0
Косьва – д. Останино	6220	392	1,0	93	-	28
Обва – с. Рождественское	5540	191	0,6	43	-	0
Чусовая – пгт. Лямино	21500	387	0,4	91	-	-
Койва – пгт. Кусье - Александровский	1790	374	1,7	97	-	-

	Площадь водосбора, км ²	Средняя высота водосбора, м	Уклон реки, ‰	Лесистость, %	Распаханность, %	Закарстованность, %
1	2	3	4	5	6	7
Усьва – г. Чусовой	3130	396	1,6	97	-	29
Вижай – пгт. Пашия	788	401	3,0	91	-	-
Лысьва – пос. Креж	1010	247	1,7	75	14	15
Сылва – с. Подкаменное	19700	227	0,4	57	-	45
Барда – д. Синюшата	1910	247	0,8	72	9	21
Ирень – д. Шубино	6060	233	0,5	45	-	55
Бабка – д. Балалы	1980	237	0,9	66	8	10
Тулва – с. Крылово	3530	200	0,8	57	-	-
Буй – д. Чишма	3860	153	0,4	26	-	-
Тюй – д. Гумбино	2180	229	0,3	57	10	55
Сарс – с. Султанбеково	1300	303	1,2	66	4	70
Быстрый Танып – г. Чернушка	667	199	1,1	27	-	10

Примечания: 1. Гидрографические характеристики приведены для створов гидрологических постов.

2. Средний уклон реки установлен графически по методу Г.А. Алексеева (1955).

3. Сведения о распаханности приведены лишь для водосборов площадью 3000 км² и менее по состоянию на конец 1962 г.

4. Сведения о закарстованности речных бассейнов приведены по данным справочника Ресурсы..., 1973.

5. Прочерки в колонках 6 и 7 означают отсутствие сведений.

6. Сведения о лесистости для рек Вишера, Усьва и Барда приведены по другим ближайшим гидрологическим постам.

7. Знак ‰ в колонке 4 означает падение реки на километровом участке в метрах.

Научное-популярное издание

Комлев Аркадий Михайлович
РЕКИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Редактор *Н.И. Стрекаловская*
Корректор *А.Н. Лукиных*
Компьютерная верстка *С.В. Старкова*

**Права на переиздание книги принадлежат только автору
и Пермскому государственному университету**

Подписано в печать 5.08.2011. Формат 60х84 1/16.
Усл. печ. л. 9,3. Уч.-изд. л.6. Тираж 250 экз. Заказ 2201.

Редакционно-издательский отдел Пермского государственного университета
614990. Пермь, ул. Букирева, 15

Сверстано и отпечатано в ООО «Алекс-Пресс».
614070, г. Пермь, ул. Дружбы, 34,
тел./факс 22-00-184



Основной автор этой книги, профессор Пермского государственного университета **Комлев Аркадий Михайлович**, всю свою творческую жизнь посвятил рекам. В разные годы он исследовал особенности гидрологического режима рек Таймыра и Горного Алтая, Западно-Сибирской равнины и Урала, бассейна Кубани и Черноморского побережья Кавказа.

Значительное внимание автор уделяет популяризации своей науки. Перед Вами, читатель, вторая книга о реках нашего края. Первая «Реки Пермской области», написанная вместе с доцентом ПГУ Е.А. Черных, была издана в 1984 году и давно стала библиографической редкостью.

