

Р. А. ФИЛЕНКО

ВОДЫ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
1966

*Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Ленинградского университета*

В монографии рассматривается история формирования гидрографической сети и дается характеристика основных черт морфологии, водного и ледового режима рек и озер. Сообщаются результаты гидрологического районирования, представляющие материал для правильной дифференциации сельского хозяйства и способов его ведения. Кроме того, приводится краткое описание главных рек и озер и сведения об их хозяйственном использовании.

Книга рассчитана на научных работников, преподавателей и студентов — географов и гидрологов, а также на широкий круг специалистов, работающих в области использования водных ресурсов в целях гидроэнергетики, лесосплава, водоснабжения и т. д.

Отв. редактор проф.
Л. К. Давыдов

ПРЕДИСЛОВИЕ

Развитие народного хозяйства Вологодской области тесно связано с широким использованием рек и озер для водного транспорта, водоснабжения, рыбного хозяйства, гидроэнергетики, лесосплава и других целей. Отсюда понятна важность всестороннего изучения поверхностных вод рассматриваемой территории.

Область занимает площадь 145,5 тыс. км². Территория ее расположена между 59—61° с. ш. и 35—47° в. д., т. е. вытянута с В на З примерно на 700 км и с С на Ю — 350 км. Характерно относительно небольшое разнообразие природных условий; преобладают полого-волнистые, реже холмистые равнины, преимущественно облесенные, местами заболоченные. Область входит в состав лесной зоны, сельскохозяйственная освоенность ее сравнительно высокая (18,3%). Основной отраслью сельскохозяйственного производства является мясо-молочное животноводство с одновременным развитием зерновых, льна и других культур.

Сельскохозяйственные земли составляют 2207 тыс. га. В ближайшие годы намечается дальнейшее значительное расширение посевных площадей. Развитие хозяйства на большей части территории потребует регулирования водного режима почв. Важно при этом отобрать земли с благоприятным водным режимом, требующие наименьших затрат на проведение мелиоративных работ. Развитие животноводства в ряде районов области нуждается в решении вопроса централизованного водоснабжения ферм, в изыскании источников водоснабжения, откуда подача воды может производиться с меньшими затратами труда.

При проведении водохозяйственных мероприятий, как известно, нужны достаточно надежные данные, характеризующие гидрологический режим территории как в целом, так и отдель-

ных водных объектов. Работы по изучению рек ведутся давно на постоянно действующих гидрометрических станциях и постах и путем проведения экспедиционных исследований разной степени подробности. Общая гидрологическая характеристика наиболее значительных рек области — Сухоны, Шексны, Кубены — дана в работах Н. Данилевского (1852), И. В. Петрашень (1911), Е. Соллертинского (1922), Л. К. Давыдова (1955) и др.

Настоящая работа ставит своей целью дать характеристику вод области и показать общие закономерности формирования стока на фоне ландшафтных условий. Одновременно, для более рационального размещения и развития хозяйства области автором произведено гидрологическое районирование территории. Особое внимание в монографии уделяется характеристике основных водных объектов области и их использованию. Отдельные водные объекты, как и выделенные природные гидрологические районы, освещены с разной степенью детальности, так как они изучены неодинаково подробно.

Книга написана на основе экспедиционных исследований (1955—1958 гг.) с использованием большого количества опубликованных материалов, выполненных Гидрометслужбой, Министерством геологии и охраны недр СССР, данных комплексных исследований НИГЭИ, материалов ГГИ и др. В работе также использованы данные гидрометрических и метеорологических наблюдений с 1876 по 1955 г. включительно, реже по 1958 г.

ГЛАВА I

ИЗУЧЕННОСТЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Гидрологическая изученность водотоков и водоемов в пределах Вологодской области неодинакова как по продолжительности периода исследований, так и по степени изученности.

С древних времен реки области служили новгородцам водными путями для продвижения на север — через Сухону и Северную Двину, а также через озера Кубенское—Воже—Лаче в р. Онегу. Широкое использование северных водных путей потребовало их изучения и улучшения. Одним из первых усовершенствований, как отмечает С. Н. Сердитов (1957), явилось спрямление в XIV в. русла р. Сухоны в верхнем течении. Первые сведения о гидрографической сети области приведены в «Книге Большому Чертежу», составленной неизвестным автором примерно в 1571 г.¹ Эти сведения дают общее представление о рисунке гидрографической сети, который она имела три с половиной столетия назад.

Все дальнейшие исследования производились по мере использования водных объектов преимущественно как путей сообщения. Наиболее ранние работы, относящиеся к 1710 г., проведены по указанию Петра I на реках Вытегре, Ковже, Чagodоще и Мологе. Эти исследования производились с целью создания непрерывного водного пути между Балтийским морем и Волгой. Более детальные гидрологические исследования этой трассы производились с середины и до конца XVIII в. В 1799 г. вступил в строй Волго-Балтийский водный путь (б. Мариинская система). В 1798 г. были проведены исследования рек Итклы, Порозовицы, Кубенского озера и др. на трассе Сухоно-Северо-Двинской системы, соединившей в 1828 г. в единую систему Балтийское, Белое и Каспийское моря.

¹ Время составления работы установлено А. Ф. Шибановым («Большой чертеж, или первая оригинальная карта всего Московского государства», автореф. канд. дисс. ЛГУ, 1947).

этого периода обобщены в работе Штукенберга «Гидрология Российской империи», изданной в 1844 г., и работе Н. Данилевского, опубликованной в «Вологодских губернских ведомостях» в 1852, 1853 гг. В последней сообщаются весьма подробные сведения о длине, ширине, глубине основных рек, их падении на отдельных участках, сроках замерзания и пр.

С 1874 г. Навигационно-описной комиссией, организованной при Министерстве путей сообщения, начаты специальные гидрографические исследования судоходных рек и озер, в том числе и в Вологодской области. Так называемые «описные партии» производили топографическую съемку, нивелировку берегов и уровней воды, промеры глубин. Деятельность Комиссии продолжалась до 1894 г., а с печатанием трудов — до 1901 г.

В результате экспедиционных работ были составлены описания, подробные планы и продольные профили рек. За период с 1877 по 1879 г. Навигационная комиссия открыла 9 водомерных постов на Северной Двине, 12 постов на Сухоне и один на р. Юг; в 1885 г. был открыт водомерный пост на р. Вологде. Данные наблюдений на всех водомерных постах были обработаны и изданы Министерством путей сообщения в специальных выпусках «Сведения об уровне воды на внутренних водных путях России по наблюдениям на водомерных постах» (тома 1, 4, 8).

В 1899—1917 гг. партией, организованной Управлением внутренних водных путей и шоссейных дорог при Министерстве путей сообщения, проведено гидрологическое обследование р. Сухоны, р. Свида, оз. Воже, р. Вондонги, р. Ухтомицы и оз. Кубенского. Результаты работ опубликованы в 1911 г. в «Материалах для описания русских рек» (т. XXVIII). Одновременно были составлены различные варианты проекта соединения бассейнов рек Сухоны и Онеги. Исследования в этом районе возобновились в советские годы.

В период 1910—1917 гг. на р. Сухоне проводились детальные гидрометрические работы и исследование речной долины с целью гидростроительства и шлюзования реки. В эти же годы проводились рекогносцировочные исследования рр. Лежи и Юга с целью выявления возможности соединения Северной Двины с Волгой через рр. Сухону—Лежу—Кострому или через рр. Юг—Вятку.

Экспедиционные исследования водных объектов, выполненные в дореволюционный период, ограничиваются в основном рр. Сухоней, Шексой и Вытегрой. Гидрологические материалы этого периода недостаточны для освещения режима поверхностных вод области. Изучение водных ресурсов Вологодской области значительное развитие получило после Великой Октябрьской социалистической революции. Эти исследования были

направлены на решение задачи наиболее рационального использования основных судоходных рек для нужд транспорта, лесосплава и развития гидроэнергетики.

За этот период большие исследовательские гидрологические работы были проведены по изучению Лаче-Кубенского водного соединения и рек западной части области в связи с реконструкцией Волго-Балтийского водного пути и созданием Рыбинского водохранилища. Весьма детальные работы проведены также и на р. Сухоне в связи с предполагаемым гидростроительством. Вышеуказанные исследования проводились: Гидростроем, Гипроречтрансом, Мосгипротрансом; на Рыбинском водохранилище исследования проводились Государственным Гидрологическим институтом. Рекогносцировочные исследования на ряде рек проведены Архангельским и Московским управлениями гидрометслужбы. В последние годы (1956—1958) комплексное изучение территории производилось НИГЭИ.

Стационарное изучение поверхностных вод области начато с 1876 г. Первоначально сеть водомерных постов, как уже отмечалось выше, была открыта на рр. Сухоне, Юге, Чагодоше, Вологде, оз. Белом; в 1885 г. — на рр. Вологде, Вытегре, Свиди и с 1892 г. по 1917 г. посты открыты на рр. Ковже, Шексне, Мологе, оз. Кубенском. Всего в пределах Вологодской области за период с 1876 по 1917 г. было открыто 24 поста, в том числе 12 постов на р. Сухоне.

Систематические гидрометрические измерения на реках рассматриваемой территории до Октябрьской революции производились лишь на рр. Сухоне и Шексне. Планомерное развитие гидрологической сети началось с организации в 1930 г. Главного управления гидрометеорологической службы. В это же время была также значительно расширена сеть водомерных постов не только на судоходных, но и сплавных реках.

Общее число действующих на 1 января 1958 г. гидрологических станций и постов составляет 75, не считая ранее действующих и по разным причинам закрытых. Развитие гидрологической сети (водомерных постов и гидрометрических станций) в пределах территории происходило очень неравномерно как по времени, так и по площади. По продолжительности наблюдений сеть водомерных постов и гидрометрических станций распределяется следующим образом:

Продолжительность наблюдения	1—5	6—10	11—20	>20
Число водомерных постов, %	1	14	16	69
Число гидрометрических станций, %	45	21	15	19

Значительная часть (69%) водомерных постов имеет длительные ряды наблюдений (более 20 лет), в то время как гидрометрические станции отличаются короткими рядами наблюдений; до 10 лет имеет 66% гидрометрических станций и более 20 лет — лишь 19%.

Стационарная гидрологическая изученность озер ограничивается лишь озерами Кубенским, Белым и Воже, на которых установлены водомерные посты. Малые озера, которых в области насчитывается 1083 (С. Н. Сердитов, 1957), наблюдениями не охвачены.

ГЛАВА II

ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ

Гидрографическая сеть Вологодской области претерпела во времени сильные изменения; она то развивалась, то отмирала во время вторжения мощного ледникового покрова, то затем вновь развивалась. Некоторые сведения о древней гидрографической сети находим у М. А. Лавровой (1937), Б. Л. Личкова (1936), А. И. Москвитина (1947), Н. И. Николаева (1949), З. С. Козловой (1953) и др. Большая часть указанных работ, проведенных в связи со строительством Рыбинского водохранилища и с реконструкцией Волго-Балтийского водного пути, характеризует пра-долины западной части Вологодской области. Меньшая часть работ посвящена пра-долинам р. Северной Двины (Лаврова, 1937; Николаев, 1949) и р. Сухоны.

Своеобразие рисунка современной гидрографической сети в значительной степени связано с древней гидрографической сетью, существовавшей в дочетвертичное, доледниковое и ледниковое время. Это влияние выразилось в приуроченности современных долин или их отдельных участков к древним погребенным долинам: Пра-Северная Двина, Пра-Вытегра, Пра-Ковжа, Пра-Шексна и др. Наличие погребенных долин установлено бурением и электроразведкой. Прослежены, как отмечают вышеуказанные авторы, узкие впадины, по форме напоминающие долины рек, заполненные ледниковыми отложениями, ниже которых обнаружены аллювиальные отложения.

Современная долина р. Северной Двины, по данным М. А. Лавровой (1937) и Н. И. Николаева (1949), унаследовала древнюю эрозионную ложбину, расположенную от Усть-Пинеги в направлении Двинского залива, выработанную в отложениях палеозоя. Эта древняя ложбина, в основе своего тектонического происхождения, в четвертичное время подверглась выпахивающей деятельности ледника. Позднее она явилась вместилищем отложений четвертичных осадков.

Обширными, хорошо организованными исследованиями Ленинградского филиала Гидропроекта были установлены древние речные долины Вытегры и Ковжи. Пра-долины указанных рек совпадают с направлением современных рек и имеют

почти меридиональное направление. Общая длина депрессии — 120—140 км, глубина вреза — в среднем 25—40 м, ширина днища — 1—1,5 км и более. Об эрозионном происхождении впадины свидетельствуют геологические профили, на которых чередование выходов пород левого склона полностью повторяется в чередовании выходов тех же пород на правом склоне. Подобное явление, как отмечают геологи, является результатом лишь эрозионной деятельности потока. Об эрозионном происхождении впадины свидетельствует и конфигурация впадины, имеющая много ответвлений долин того же геологического строения. Ответвления, по-видимому, представляют собой притоки Пра-Вытегры и Пра-Ковжи. Древняя долина прослежена и по р. Шексне (Личков, 1936; Москвитин, 1947).

Древние долины заполнены ледниковыми отложениями, ниже которых обнаружены аллювиальные отложения. Все это свидетельствует о существовании в доледниковое время хорошо разработанной речной сети. Судя по абсолютным отметкам днищ пра-долин, можно полагать, что Пра-Вытегра тяготеет к Онежской депрессии, что касается Пра-Шексны, то абсолютные отметки этой долины постепенно уменьшаются вниз по течению р. Шексны (Личков, 1936). Таким образом, в пределах оз. Белого, по-видимому, существовал древний водораздел, подтверждением чего служит также высокое залегание здесь каменноугольных известняков, абсолютные отметки кровли которых равны 105—110 м и выше.

Естественно, что в период оледенения нормальное развитие древней речной сети было прервано. Последующее длительное таяние ледника, прерываемое новыми вторжениями мощных ледниковых покровов, явилось причиной того, что древняя гидрографическая сеть была полностью занесена ледниковыми и водноледниковыми отложениями. Длительное и неравномерное таяние ледника, как отмечают геоморфологи, способствовало тому, что вновь возобновляющаяся речная сеть формировалась по основным направлениям древней гидрографической сети. По этим пониженным участкам рельефа проходили флювиогляциальные потоки; в пределах этих понижений образовались озера, соединяющиеся между собой протоками. Путем спуска этих озер постепенно образовалась современная речная сеть.

В западной части области современные долины основных рек (Вытегра, Ковжа, Кема, Шексна, Суда и др.) проходят большей частью на месте спущенных поздне- и послеледниковых озерных водоемов. В настоящее время озера сохранились в наиболее глубоких озерных впадинах, реже в пределах поймы. Речная сеть молодая, о чем свидетельствует слабое развитие речных террас, представленных одной пойменной. Надпойменные террасы обычно озерного происхождения, о чем свидетельствуют озерно-ледниковые отложения, слагающие эти террасы. Озерно-ледниковые водоемы, судя по геоморфологической

карте, составленной Ю. А. Савиновым и В. П. Романовой (1965), покрывали до 32% поверхности всей территории Вологодской области. Большая часть ранее существовавших водоемов спущена; остаточными крупными водоемами являются: оз. Белое Воже, Кубенское и ряд более мелких озер. Коэффициент озерности рассматриваемой территории незначителен и составляет лишь 1,4% от общей площади области.

История формирования долины р. Сухоны менее изучена. По-видимому, эта река также имеет древнюю долину Пра-Сухону, на что указывают аллювиальные отложения, вскрытые буровыми скважинами в пределах озерно-ледниковой сухонской низины. Однако недостаточность буровых данных и отсутствие топографической привязки не позволяют судить о направлении течения Пра-Сухоны. Что касается современной долины р. Сухоны, то она в послеледниковый период не оставалась постоянной. По мнению геологов, в послеледниковый период были две Сухоны: Западная Сухона, впадающая в Кубенское озеро, верховьями которой служила р. Уфтьюга, а небольшая часть современной Сухоны ниже Уфтьюги была лишь ее притоком, и Восточная Сухона, протекавшая с запада на восток. Эти две реки разделялись плосковозвышенным слабодренированным пространством. В процессе развития гидрографической сети, врезания и отступления верховьев Восточная Сухона соединилась с притоком Сухоны.

Соединение рек, следуя теории К. И. Геренчук, по-видимому, произошло не путем регрессивной эрозии (отступления), а путем развития оползней по линии тектонического нарушения, способствующего соединению рассматриваемых рек. Западная и Восточная Сухоны разделялись невысоким тектоническим поднятием Сухонское Заволочье, сложенным закарстованными пермскими отложениями. Здесь происходит разгрузка подземных вод, облегчающих и ускоряющих развитие оползней. «Именно оползни, как отмечает К. И. Геренчук, а не регрессивная эрозия представляют собой механизм, с помощью которого агрессивная река прорывается через водораздел и вторгается в соседний речной бассейн (1960).

Восточная Сухона, имевшая более низкий базис эрозии (Белое море), перехватывала шаг за шагом все большую и большую часть Западной Сухоны и спустила озеро, занимавшее Кубено-Сухонскую низину. Озеро (современное Кубенское) осталось лишь в наиболее глубокой части бывшего озерно-ледникового водоема. С перехватом Западной Сухоны резко возросла мощность Восточной Сухоны, вследствие чего река быстро углубила долину, которая на значительном протяжении носит каньонообразный характер. Этот перехват произошел, по-видимому, сравнительно недавно, о чем свидетельствует невыработанность продольных профилей ее притоков. Второстепенные притоки, текущие по твердым породам (Нижняя Ерга и

Верхняя Ерга и др.) не могли вследствие незначительной водности успеть в эрозионной деятельности за Сухоной, служившей им местным базисом эрозии, вследствие чего образовались всячие долины.

Таким образом, можно полагать, что гидрографические системы Вологодской области претерпели сильные изменения за свою многовековую историю.

ГЛАВА III

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ВОДНОГО РЕЖИМА И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ

Формирование гидрографической сети и водного режима Вологодской области обусловлено в основном физико-географической зональностью. «Наземные воды, как отмечает В. И. Вернадский, должны чрезвычайно резко (и закономерно) отражать географические пояса не только в общих чертах, но и в более углубленном подразделении» (1933).

Рассматриваемая область расположена в зоне избыточного увлажнения, что в основном и определяет ее гидрологические особенности. Значительное количество осадков, пониженные температуры воздуха и, как следствие, малые потери на испарение предопределяют повышенный поверхностный сток. В самом деле, годовая сумма осадков в пределах области изменяется от 480 до 625 мм, средние температуры воздуха — от $+10,2^{\circ}$ за теплый период до $-8,3^{\circ}$ за холодный, а годовая сумма испарения — от 265 до 315 мм в год. Все это приводит к тому, что в пределах Вологодской области наблюдается положительный водный баланс, при котором общее поступление влаги всегда больше того количества ее, которое испаряется, усваивается растениями и расходуется на инфильтрацию, что обеспечивает повышенный сток.

Следует отметить, что до 25—30% годовой суммы осадков выпадает в виде снега, продолжительность снежного покрова — 165—170 дней, а мощность его к моменту таяния — 50—70 см. Таяние снежного покрова происходит примерно в 20 дней (Агроклиматический справочник по Вологодской области, 1959). Талые воды играют весьма важную роль в формировании стока рек рассматриваемой территории, в особенности весеннего. Повышенный сток этих вод объясняется не только запасами твердых осадков, но и довольно суровой зимой, сопровождающейся промерзанием почво-грунтов в среднем до 50—70 см (макси-

маленькая промерзаемость 110—120 см), что определяет малые потери на просачивание в почву и способствует повышенному весеннему стоку.

Наряду с зональными факторами на режим рек и их распределение, как отмечает Л. К. Давыдов (1947), оказывают влияние и другие элементы ландшафта. В пределах Вологодской области существенная роль в формировании стока принадлежит рельефу и геологическому строению. Общее преобладание полого-волнистого равнинного рельефа, наличие древних глубоких озерно-ледниковых впадин и ложбин стока ледниковых вод обусловили малые уклоны рек и относительно глубокие долины значительной части водотоков. Наличие же озерно-ледниковых котловин предопределило образование остаточных озер, значительная часть которых спущена реками или заболочена.

Речная сеть принадлежит к бассейнам трех морей: Белого, Балтийского и Каспийского. К бассейну Белого моря относятся реки, собирающие свои воды с северной покатости Восточно-Европейской равнины и изливающие в него свои воды через Северную Двину и Онегу. Площадь этого бассейна составляет более 70% территории области. Западную часть занимает сравнительно небольшой бассейн Балтийского моря (8%) и на юге — бассейн Каспийского моря (до 22%). Водоразделы морских бассейнов проходят в пределах Вологодской области и обычно не превышают 150—200 м абс. высоты. Наиболее возвышены Северные Увалы — водораздел бассейнов Сухоны и Волги, где отдельные высоты достигают 300 м абс. высоты (Тилло, 1890).

Весьма широкое, но чрезвычайно неравномерное распределение по территории имеют озера. Здесь насчитывается 1083 озера (длиною более 0,5 км), которые вместе с Шекснинским отрогом Рыбинского водохранилища занимают площадь 418,3 км², или 3% территории области. Наибольшее число озер (более 87%) наблюдается в западной части области и меньшее — в восточной (менее 13%). Они, как правило, представляют собой остатки некогда существовавших озерно-ледниковых водоемов. К этой группе относятся: Воже, Белое, Кубенское, Никольское, Катромское, Шиченгское и др. Значительное развитие имеют также озера, образовавшиеся в котловинах ледникового выпахивания и в понижениях моренного холмистого рельефа. Помимо озер, связанных по своему происхождению с процессами древнего оледенения, здесь встречаются изредка небольшие карстовые озера почти правильной округлой формы и с крутыми склонами (группа озер без названия в западной части области, южнее озер Онежского и Большого Тозьменского, Малого Тозьменского и др. на востоке области), а также озера-старицы, развитые в поймах рек (Верхняя Сухона, Шексна, Чагодоща, Юг и др.). Наибольшие озера области (Воже, Белое, Кубенское) играют весьма существенную роль в режиме рек.

Значительное количество осадков, малое испарение, сравни-

тельно небольшие величины фильтрации и замедленные сток поверхностных вод вследствие преобладания незначительных уклонов местности — все это способствует широкому развитию верховодки, которая, смыкаясь с поверхностными водами, вызывает временное избыточное переувлажнение земель или заболачивание. Площадь заболоченной и заболачивающейся поверхности составляет более 70% территории, в том числе леса, по данным Т. Г. Абрамовой и Г. И. Козловой (1965), — до 65% от общей лесопокрытой площади области.

Болота в пределах области развиты широко. По размерам торфяных болот и запасам торфа Вологодская область превосходит все другие области Европейской части РСФСР. По данным Торфяного фонда (1955), общая площадь болот составляет 1830 тыс. га, или 12,4% от общей территории. Преобладают верховые болота, которые составляют 56% общей площади болот, переходные — 24% и низинные — 20%. На распределение болот в пределах Вологодской области существенное влияние оказывает рельеф: в пониженной равнинной части территории с отметками поверхности до 100 м сосредоточено наибольшее число болот, и, наоборот, на участках повышенных (с отметками 150—200 м абс. высоты), отличающихся более расчлененным рельефом, болота встречаются относительно редко.

Наибольшей заболоченностью характеризуется юго-западная часть области, где болота занимают 27% территории, а наименьшей — восточная часть с заболоченностью менее 1,8%. Распространены болота преимущественно в пределах бывших озер и озерно-ледниковых равнин, на террасах озер и в поймах рек. Плоские, плохо дренированные поверхности местами заболачиваются весьма сильно и обладают большими болотными массивами. Примером могут служить Молого-Шекснинская, Вожегская, Присухонская и другие низины.

В наиболее заболоченной — западной части области преобладают грядово-мочажинные и озерные комплексы. Крупные торфяники обычно имеют в центре озерную котловину или равнинное плато. Подобное строение затрудняет сток воды и создает избыточное увлажнение, что способствует образованию озер и мочажин, разделенных узкими грядами, поросшими хвойным лесом.

Грунтовые воды в пределах Вологодской области развиты в общем слабо, что объясняется маломощностью и тяжелым механическим составом четвертичных отложений, не способствующих инфильтрации атмосферных осадков и накоплению грунтовых вод. Относительно значительные запасы этих вод сосредоточены в четвертичных песчаных и супесчаных отложениях озерно-ледниковых равнин, речных долин и озерных котловин. Здесь нередко грунтовые воды, верховодка и поверхностные воды смыкаются и способствуют образованию болот. Этим водам принадлежит существенная роль в питании рек, озер и болот.

В западной части в питании рек значительное участие принимают грунтовые воды закарстованных отложений карбона, которые в виде многочисленных источников выходят в долинах рр. Ковжи, Суды и др.¹

Сток грунтовых вод в бассейнах Мологи, Шексны, Суды, Верхней Сухоны и др. составляет более 20% от годового стока. Водораздельные плато, отличающиеся плоским рельефом и малой мощностью четвертичных отложений, характеризуются обычно слабым развитием грунтовых вод. Грунтовые воды здесь не имеют пластового распространения и отличаются очень малым дебитом. Питание этих вод происходит преимущественно на площадях их распространения.

Грунтовые и подземные воды в пределах рассматриваемой области вследствие разнообразия геолого-литологического состава пород носят различный характер как по глубине залегания, так и по роли их в питании рек. Участие этих вод в питании рек ощутимо лишь в местах, где велика глубина и частота эрозионного долинного расчленения четвертичных и дочетвертичных пород. Подобное явление наблюдается по рекам восточной части области, где речные долины прорезают пески, песчаники и мергеля пермской, а местами триасовой системы. Грунтовые воды вследствие маломощности покрова четвертичных отложений утрачивают здесь сколько-нибудь значительную роль в питании рек. Эта категория вод носит здесь, как правило, сезонный характер, и в летние месяцы обычно основным устойчивым источником питания крупных рек являются подземные воды. В юго-западной и центральной части области в связи с увеличением мощности четвертичных отложений и уменьшением глубины эрозионного долинного расчленения происходит ухудшение условий питания подземными водами и увеличение роли грунтовых вод.

Подземные воды развиты повсеместно, приурочены они преимущественно к отложениям пермской, каменноугольной и триасовой систем. Воды, как правило, минерализованные. Минерализация этих вод изменяется с глубиной — от слабо на

¹ Карстовая область здесь представляет собой всхолмленное плато, сложенное известняками и доломитами, перекрытое большей частью маломощной толщей четвертичных отложений, местами расчлененное долинами рр. Ковжи, Суды, Вытегры и др. Относительно закарстована верхняя зона известняков; карст здесь, по-видимому, находится в стадии молодости. Он развит до глубины 25—30 м, реже 50 м. Ниже этих отметок, как показывают данные бурения, наблюдается затухание карстовых процессов. На поверхности карстовые образования имеют ограниченное распространение и представлены разнообразными формами: воронками, карстовыми озерами, пещерами, местами исчезающими речками (р. Ужла). Иногда карстовые реки выходят на поверхность и затопливают значительные площади. Такое явление наблюдалось в бассейне р. Мегры в 1872 г., когда были залиты значительные площади сенокосных угодий (Россия, 1900). Карстовые воды имеют характер грунтовых и участвуют в питании рек.

небольших глубинах до сильно минерализованных, типа рассолов, на глубине 150—200 м и более (Лебедев, 1957). Неглубокие подземные воды дренируются гидрографической сетью. Естественные выходы глубоких подземных вод встречаются редко. Обычно эти воды используются для бальнеологических целей (Леденгский и Тотемский лечебные курорты). Неглубокие, слабо минерализованные подземные воды используются для целей водоснабжения.

Распределение речной сети в пределах области, ее структура и особенности носят различный характер и значительно меняются по территории. Эти различия обусловлены в основном особенностями рельефа, геологического строения и геоморфологии, сложившимися в результате длительной истории района. Большую роль в распределении и характере гидрографической сети сыграли процессы древнего оледенения, создавшие холмистый рельеф и ряд плоских низин, занятых некогда озерно-ледниковыми водоемами. Климатические условия здесь повсюду обеспечивают избыточное увлажнение, и достаточно наличия даже небольших уклонов местности, чтобы начался сток поверхностных вод и образовались водотоки.

Густота речной сети определяется главным образом характером рельефа. Повышенные, отличающиеся пересеченным рельефом участки области характеризуются значительно большим развитием речной сети, чем пониженные или приподнятые слабоволнистые равнины, где неблагоприятные условия стока и фильтрации поверхностных вод, как отмечалось выше, способствуют развитию процессов заболачивания. Наибольшей густотой речной сети характеризуется юго-восток — район развития отрогов Северных Увалов. Наименее развита речная сеть на северо-западе — на территории приповерхностного залегания закарстованных известняков карбона. Наличие карста создает здесь благоприятные условия для возникновения малых водоемов и исчезающих речек.

Наибольшими размерами и водностью в пределах области отличаются реки бассейна Северной Двины (Белого моря). Они собирают воду с площади примерно 103 тыс. км² и приносят воды в Северную Двину более 30 млрд. м³, причем с бассейна Сухоны, которая является основной составляющей Малой Северной Двины, стекает 22,7 млрд. м³, или 75,5% общего объема стока.

Бассейн Сухоны, включающий оз. Кубенское и р. Юг, занимает центральную часть области (площадь 90 210 км², или 62% всей территории). Сухона на всем протяжении — от истока до устья — сохраняет почти широтное направление, являясь базисом эрозии обширной речной сети небольших потоков, направляющихся к ней с севера и юга. К северу от этого бассейна располагается Вага (левый приток Северной Двины). Основными притоками ее в пределах рассматриваемой области являются

Кокшеница и Кулой. Второй по величине рекой, впадающей в Белое море, является Онега, к бассейну этой реки в пределах области относятся: р. Свидь с бассейном оз. Воже. Основными притоками оз. Воже являются рр. Модлона и Вожега. Площадь водосбора Онеги в пределах рассматриваемой территории составляет 5680 км² и годовой сток — 1,4 млрд. м³.

Северо-западную часть Вологодской области занимает бассейн Балтийского моря. Основными составляющими этого бассейна являются: Вытегра, Андома и Мегра с суммарным стоком до 0,72 млрд. м³. Юго-западную и частично южную часть Вологодской области занимает бассейн Каспийского моря. К этому бассейну здесь принадлежат: Молога с притоками Кобожи и Чагодищи, Шексна с реками бассейна Белого озера, Суда с притоком Андога, верховья Унжи и другие более мелкие реки. Площадь бассейна Каспийского моря — около 30 тыс. км², суммарный сток — примерно 9,5 млрд. м³.

Формы речных долин находятся в зависимости от характера древнего рельефа и степени воздействия древнего оледенения. На плоских озерно-ледниковых равнинах, приуроченных к древним впадинам, реки отличаются слабо врезанными широкими долинами, малым падением, сравнительно извилистыми руслами и широкими поймами. Поймы часто заболочены, с множеством мелких озерков и стариц, свидетельствующих о том, что реки в прошлом сильно блуждали по пойме. Типичные старицы и озерки разновозрастные и находятся на различных стадиях зарастания. Часть их успела уже заболотиться, превратившись в типичные черноольховые топи. Особенно много заболоченных водоемов в обширной Присухонской низине. В местах, где реки глубоко врезаются в коренные отложения, они нередко протекают в узких каньонообразных долинах, характеризуются повышенным падением и порожистью. Пороги представляют скопления в русле рек моренных валунов, реже — выходы из известняков. Профили таких рек имеют ступенчатый характер (Сухона, Нижняя Ёрга и Верхняя Ёрга, Уфтюга и др.).

Верховья рек, расположенные в пределах водораздельных плато, характеризуются слабо разработанными неглубокими долинами с пологими склонами, почти незаметно переходящими в равнинные водоразделы, малыми падениями и медленным течением воды. В среднем течении, особенно в области приповерхностного залегания коренных отложений, склоны долин резко повышаются, наблюдаются выходы коренных пород. В нижнем течении они снижаются, а на ряде рек, текущих в области древних озерных впадин (Шексна, Вытегра, Ковжа, Вологда и др.), склоны долин очень слабо выражены. Подобный же характер долины наблюдается и в верхней части течения р. Сухоны, которая протекает здесь в области озерно-ледниковой равнины. Устья рек, впадающих в озера Белое, Воже и Кубенское, имеют дельты (Ковжа, Кема, Вожега, Кубена).

Склоны долины обычно террасированы; на реках, протекающих в пределах древних озерных котловин, и на малых реках наблюдаются обычно 1—2 террасы, реже до 5—6 террас, включая сюда и древние озерно-ледниковые террасы (р. Сухона, Нюксениц). Водоразделы рек выражены неясно, плоские водоразделы слабо дренированы. Примером может служить Суонское Заволочье (водораздел между бассейнами Ваги и Сухоны), где речная сеть развита сравнительно слабо и широко распространены болота (болото Кондасское и др.).

Истоки рек нередко довольно близко подходят друг к другу. Примером могут служить реки бассейна Унжи—Юрманга и Тудонга и бассейна Юга—Куданга и Кипшеньга, которые расположены друг от друга на расстоянии 500—600 м. Весьма близко подходит верхняя часть течения Кортюги (бассейн Ваги) к Уфтюге (бассейн Сухоны). По мнению М. А. Плотникова, в недалеком будущем возможен перехват Уфтюгой Кортюги. Большая часть рек берет начало из болот и заболоченных лесов (Юг, Вага, Вологда, Сямжена, Уфтюга, Лежа и др.) и значительная часть, особенно в западной части Вологодской области, из озер (Шексна, Сухона, Свидь, Кема, Ковжа, Комела и др.).

В дополнение к постоянно действующей речной сети в ряде частей рассматриваемой территории в значительной мере развита ложбинно-балочная сеть. Особо интенсивное развитие она получила на крайнем востоке Вологодской области, в бассейне р. Юга, где долины рек глубоко врезаны. Ложбинно-балочная сеть способствует усиленному сбросу талых и дождевых вод в постоянно действующую речную сеть. Общая длина малых водотоков (менее 10 км) в бассейне р. Юга составляет 15289 км, при общей длине рек более 10 км — лишь 9227 км. В западной части области, наоборот, сеть небольших рек (менее 10 км) развита незначительно, и, как правило, общая протяженность ее меньше длины основной сети рек. В качестве примера приведем р. Шексну до д. Черная Гряда; общая длина рек в ее бассейне более 10 км составляет 2883 км, а менее 10 км — 2795 км; на р. Суде до д. Нелазский перевоз общая длина рек более 10 км — 2499 км, а менее 10 км — 1874 км.

ГЛАВА IV

ВОДНЫЙ БАЛАНС

Вопросы водного баланса с давних пор привлекают к себе внимание гидрологов. Однако приближенное решение этого вопроса для Вологодской области стало возможным лишь после

расчета климатологами величин осадков и испарения. Общее уравнение баланса влаги (Львович и др., 1961) имеет вид:

$$X = U + S + N + T,$$

где X — средняя многолетняя сумма осадков; U — устойчивый подземный сток; S — поверхностный сток; N — испарение непосредственно с почвы и T — транспирация (продуктивное испарение).

Величина поверхностного и подземного стока приближенно определялась по графикам ежедневных расходов воды. Что касается разделения испарения на продуктивное и непродуктивное, то подобные расчеты затруднены, и при расчетах принималось суммарное испарение.

Годовой водный баланс области характеризуется приближенно следующими величинами: осадки, по подсчетам А. А. Борисова (1958), составляют $80,02 \text{ км}^3$ (для теплого периода — $50,92 \text{ км}^3$ и холодного — $29,10 \text{ км}^3$); суммарное испарение со всей площади, судя по данным А. И. Овчинникова (1960), — $38,4 \text{ км}^3$; полный сток, по подсчетам, составляет $41,60 \text{ км}^3$, в том числе поверхностный (паводочный) сток — $33,28 \text{ км}^3$ и подземный — $8,32 \text{ км}^3$. Подземный сток, дренируемый реками, как отмечает М. И. Львович, С. В. Басс и др. (1961), примерно характеризует возобновимый запас подземных вод за год, так как ниже горизонта дренажа поступает сравнительно небольшая часть общего расхода подземных вод. Запасы грунтовых вод пополняются в основном весной, в результате просачивания талых вод, и частично осенью, когда резко уменьшаются потери на испарение. В эти периоды года уровень воды в колодцах резко повышается. Летние дожди расходуются главным образом на испарение и слабо пополняют подземные воды.

Приведенные данные водного баланса относятся к средним условиям за многолетний период. В отдельные годы, естественно, будут наблюдаться значительные отклонения от нормы

ГЛАВА V

ВОДНЫЙ РЕЖИМ

Уровенный режим рек

Основные черты водного режима рек определяются климатическими факторами, условиями стекания воды и отчасти морфологией русла. Условия стекания, в свою очередь, зависят от характера рельефа, литологического состава пород, слагающих водосбор, степени облесенности, заболоченности и пр.

Все реки рассматриваемой территории по характеру режима относятся к типу рек с весенним половодьем. Весеннее половодье на этих реках является основным фактором, определяющим их водность. Обладая многими общими природными чертами, реки области отличаются некоторыми местными особенностями, проявляющимися в их водном режиме. На основании анализа режима уровней и расходов, реки Вологодской области могут быть разделены на две основные группы: 1) реки с относительно зарегулированным стоком западной части и 2) реки резкими колебаниями стока восточной части области.

Реки первой группы характеризуются в большинстве своем высоким и растянутым весенним половодьем и сравнительно высокой зимней меженью. Это обусловлено относительно плоским рельефом, значительной озерностью и заболоченностью, аспространением относительно широких речных долин, затопляемых весенними водами, малыми уклонами рек и развитием еглубоко залегающих закарстованных известняков. Указанные факторы способствуют значительному естественному регулированию поверхностного стока. Поэтому весеннее половодье и етне-осенние дождевые паводки оказываются здесь сильно расставованными (верховья Сухоны, Шексны и др.). Реки второй группы отличаются более высоким половодьем и относительно низкими зимними и летними уровнями.

Весеннее половодье на реках, вследствие широтного положения территории, начинается почти одновременно; отклонение е превосходит 3—9 дней. На реках в северной части начало оловодья приходится в среднем на 14—16 апреля, а в южной — на 5—13 апреля. По отдельным годам, в зависимости от етеорологических условий каждой весны, сроки начала половодья колеблются от 25 марта до 13 мая; ранняя дата начала аводка отличается от поздней на 25—40 дней. Наиболее растянутый период начала паводка, составляющий 39—40 дней, относится к рр. Сухоне, Кубене, Андоге. Весеннее половодье начинается с поступления талых вод в речную сеть водосбора, что есным образом связано с синоптическими процессами обширных территорий и с рядом других явлений, сопутствующих ходу оловодья. Основными факторами, определяющими величину есеннего половодья, являются: величина запаса воды в снеге начале снеготаяния; интенсивность нарастания положительной емпературы воздуха; условия стекания талых вод, связанные характером почв, степенью ее увлажнения и промерзания, и величина и интенсивность жидких осадков в период снеготаяния, увеличивающие общий запас воды на водосборе и ускоряющие процессы таяния снега.

В соответствии с указанными факторами в широких пределах изменяется также в отдельные годы и время прохождения ребня (пика) паводка на реках области. Так, сроки прохождения гребня паводка изменяются от 24 до 68 дней (рр. Во-

логда, Мал. Сев. Двина), а по р. Сухоне — до 49 дней. В среднем пик весеннего половодья на большей части рек проходит промежутке времени от 21 до 30 апреля.

На малых и средних реках пик половодья обычно наблюдается во время ледохода и на больших — через 5—10 дней после его окончания. Наиболее поздно пик половодья проходит на сильно зарегулированных реках (рр. Свидь, Верхняя Сухона), где он отмечается обычно в середине мая. Оканчивается весеннее половодье на больших реках в конце мая — первой декаде июня. Сведения о сроках наступления характерных уровней половодья приведены в табл. 1.

Продолжительность весеннего половодья в значительной

Сроки наступления характерных

Река—пункт	Период наблюдения	Площадь водосбора, км ²	Даты начала половодья		
			ранняя	средняя	поздняя
Молога—г. Устюжна	1937—1955	19 400	26 III 1938	4 IV	21 IV 1941
То же—с. Лентьево	1930—1955	29 000	25 III 1937, 1938	5 IV	21 IV 1941
Суда—с. Борисово-Судское	1933—1955	2440	7 IV 1950	18 IV	5 V 1941
То же—с. Куракино	1935—1955	4950	5 IV 1950	17 IV	30 IV 1941
Колпь—д. Торопово	1930—1955	1670	6 IV 1950	16 IV	1 V 1941
То же—д. Верхний Двор	1934—1955	3160	28 III 1937	16 IV	30 IV 1941
Андого—хут. Ольховец	1924—1955	2080	27 III 1937	16 IV	5 V 1929
Кема—д. Левково . .	1932—1955	4160	8 IV 1948	22 IV	13 V 1941
Мал. Северная Двина—д. Медведки .	1879—1954	87 900	26 III 1937	12 IV	30 IV 1941
Сухона—г. Тотьма	1878—1954	34 800	26 III 1937	11 IV	1 V 1929
То же—д. Каликино	1940—1954	49 200	31 III 1951	8 IV	28 IV 1941
" " —г. Великий Устюг	1881—1931 1934—1954	50 300	26 III 1937	14 IV	2 V 1929
Вологда—г. Вологда	1885—1954	3 030	24 III 1937	7 IV	28 IV 1929
Ема—д. Новое . . .	1945—1954	179	23 III 1954	2 IV	14 IV 1954
Кубена—с. Троице-Енальское	1936—1954	1 110	26 III 1937	8 IV	3 V 1941
То же—д. Кубинская	1936—1954	4 860	26 III 1937	16 IV	24 IV 1941
" " —д. Горки . .	1930—1954	10 200	26 III 1937	12 IV	29 IV 1941
Юг—г. Никольск . .	1930—1954	2 300	26 III 1937	13 IV	29 IV 1941
То же—д. Гаврино .	1880—1954	34 800	25 III 1937	15 IV	2 V 1941
Вага—д. Глуборецкая	1937—1954	1 410	30 III 1947	14 IV	29 IV 1941

* Период наблюдений во всех таблицах, характеризующих уровень

мере зарегулированности рек. На больших реках (Мал. Сев. Двина, мологи, Сухона, Юг и др.) половодье продолжается, как это видно из табл. 2, в среднем 57—76 дней: наименьшая продолжительность — 29—46 дней и наибольшая — 75—104 дня. На средних по площади водосборах (1000—5000 км²) половодье, в зависимости от степени облесенности и заболоченности, продолжается от 25 до 50 дней, а в маловодные годы — от 50 до 75 дней (рр. Андога, Колпь, Суда и др.). Продолжительность половодья на зарегулированных реках (р. Верхняя Сухона), в связи с пусками воды, растягивается до 190 дней.

Таблица 1

уровней весеннего половодья

Даты наивысшего уровня			Даты конца половодья		
ранняя	средняя	поздняя	ранняя	средняя	поздняя
10 IV 1953 4 IV 1937	22 IV 23 IV	7 V 1941 10 V 1955	20 V 1939 3 VI 1937	31 V 19 VI	8 VII 1955 19 VII 1955
18 IV 1951 17 IV 1935 13 IV 1951	30 IV 27 IV 28 IV	23 V 1935 18 V 1941 17 V 1941	28 V 1950 7 V 1935 30 IV 1933	17 VI 30 V 31 V	10 VII 1955 21 VI 1946 27 VI 1955
15 IV 1951	29 IV	19 V 1941	7 V 1935	28 V	27 VI 1955
3 IV 1937 22 IV 1950	25 IV 6 V	19 V 1941 27 V 1941	30 IV 1933 10 V 1935	23 V 17 VI	23 VI 1941 19 VII 1944
10 IV 1951 1 IV 1937 5 IV 1951	29 IV 27 IV 23 IV	17 V 1891 18 V 1923 6 V 1941, 1945	18 V 1951 26 V 1937 11 V 1950	11 VI 8 VI 13 VI	3 VII 1933 25 VI 1942 22 VI 1942
6 IV 1951	25 IV	10 V 1929	17 V 1937	5 VI	28 VI 1952
30 III 1937 2 IV 1951	23 IV 19 IV	19 IV 1891 25 IV 1947, 1952	15 V 1942 27 IV 1948	20 VI 30 IV	11 VII 1947 18 V 1954
18 IV 1950, 1951	30 IV	19 V 1941	11 V 1942	20 V	24 VI 1941
21 IV 1950 15 IV 1935	30 IV 28 IV	19 V 1941 19 V 1941	12 V 1950 15 V 1933	29 V 4 VI	28 VI 1938 22 VI 1941, 1948
5 IV 1941 5 IV 1951 5 IV 1951	26 IV 2 V 27 IV	3 V 1945 30 V 1952 18 V 1941	28 IV 1948 13 V 1951 25 IV 1951	13 V 3 VI 22 V	7 VI 1941 29 VI 1929 9 VI 1944

ды, принят один.

Продолжительность весеннего половодья в днях

Река—пункт	Продолжительность половодья						Общая продолжительность половодья		
	подъема			спада			наименьшая	средняя	наибольшая
	наименьшая	средняя	наибольшая	наименьшая	средняя	наибольшая			
Молога—г. Устюжна	8	16	31	28	44	65	43	60	83
То же—с. Лентьево	6	17	33	37	59	95	46	76	104
Суда—с. Борисово-Судское	6	12	19	20	48	64	30	60	76
То же—д. Куракино	6	13	22	20	31	52	26	44	65
Колпь—д. Торопово	5	12	24	13	31	51	20	43	65
То же—д. Верхний Двор . .	8	17	33	12	30	50	28	47	67
Андога—хут. Ольховец . .	6	11	20	10	29	56	22	40	68
Кема—д. Левково	9	15	34	14	43	71	23	58	85
Мал. Северная Двина— д. Медведки	6	14	28	21	47	77	46	61	103
Сухона—г. Тотьма	7	15	32	29	45	70	48	60	89
То же—д. Каликино	5	11	21	27	45	59	35	56	75
„ —г. Великий Устюг . .	5	12	29	22	45	69	33	57	76
Ема—д. Новое	4	12	25	14	23	42	25	35	57
Кубена—с. Троице-Еналь- ское	8	20	29	13	24	35	26	44	62
То же—д. Кубинская	5	17	33	21	30	56	32	47	63
„ —д. Горки	6	16	29	19	37	59	29	53	76
Юг—г. Никольск	6	14	30	5	16	29	19	30	50
То же—д. Гаврино	7	20	35	18	32	59	33	52	75
Вага—д. Глуборецкая	5	14	28	17	26	40	25	40	63

Повсеместно, если исключить влияние весенних дождей, продолжительность собственно снегового половодья будет значительно короче. В самом деле, в пределах Вологодской области осадки за холодный период года (XI—III) в среднем многолетнем составляют 126—185 мм, а за весенний период (IV—V) — 54—93 мм, или 43—50% от снегозапасов. В отдельные годы количество весенних дождевых осадков по отношению к снегозапасам возрастает до 65%. Естественно, что по характеру влияния этих осадков на сток следует учитывать осадки, выпавшие в период таяния снега, и осадки, выпавшие от конца снеготаяния до конца половодья. В первом случае осадки, в основном будут расходоваться на поверхностный сток, а во втором, когда почва оттаяла и температура воздуха повысилась, наряду со стоком значительная часть осадков будет теряться на просачивание и испарение.

Подъем паводочной волны более интенсивен, чем спад. Соотношение продолжительности подъема и спада на реках области составляет обычно 1:2 — 1:3. Замедление спада обусловлено обильными дождевыми осадками, выпадающими в весен-

Река—пункт	Уровни, см (над нулем графика)						Высота подъема уровня половодья над предесенним уровнем, см					
	Начало половодья			Пик половодья			Конец половодья			Высшая - нан-	средняя	низшая - нан-
	нан- низший	средний	нан- высший	нан- низший	средний	нан- высший	нан- низший	средний	нан- высший			
Молога—г. Устюжна	176	216	270	439	637	896	206	234	264	224	456	629
То же—с. Лентьево	197	220	275	457	668	872	171	214	268	267	452	603
Суда—с. Борисово-Судское	63	78	98	177	251	375	64	82	99	104	172	305
То же—д. Куракино	81	104	138	165	253	408	72	97	135	67	163	277
Колпь—д. Торотово	79	105	136	176	355	538	89	110	172	88	256	424
То же—д. Верхний Двор	102	118	151	186	346	445	80	108	186	84	234	302
Анога—хут. Ольховец	131	171	208	225	329	410	123	165	204	76	174	328
Кема—д. Левково	40	57	78	176	260	344	44	66	157	120	202	285
Мал. Северная Двина—д. Медведки	65	102	154	353	566	879	64	153	225	273	485	676
Сухона—г. Тотьма	70	94	160	361	566	798	70	200	282	312	479	667
То же—д. Каликино	100	147	277	361	648	1014	106	190	272	255	516	842
„ —г. Великий Устюг	92	139	193	358	621	969	83	185	285	265	419	784
Вологда—г. Вологда	3	48	87	284	511	638	70	217	369	295	466	572
Ема—д. Новое	41	63	80	161	249	340	56	67	80	122	192	230
Кубена—с. Троице-Енальское	139	161	182	368	465	597	121	169	221	219	317	423
То же—д. Кубинская	258	284	354	547	694	853	285	306	355	213	410	651
„ —д. Горки	44	68	97	268	423	568	64	146	258	224	364	508
Юг—г. Никольск	71	94	114	153	284	453	56	92	146	88	197	369
То же—д. Гаврино	64	146	211	295	497	680	92	166	262	173	358	516
Вага—д. Глубокая	160	187	202	278	344	442	165	186	220	105	172	327

подъем уровня на большинстве незарегулированных рек Вологодской области имеет две волны, реже одну (Вологда, Лежа). Вторая волна, как правило, выше первой. Образование волны во время весеннего половодья объясняется одновременным ходом снеготаяния в пределах бассейна.

На некоторых реках наблюдается неправильный зубчатый ход уровней (р. Юг). Последнее обусловлено, по-видимому, не установившимся снеготаянием, характером расположения гидрографической сети в водосборном бассейне (формой водосбора) и выпадающими дождевыми осадками. Высота волны половодья на различных реках изменяется в широких пределах и определяется, в основном, водностью года, интенсивностью снеготаяния и степенью зарегулированности. Существенное влияние на высоту половодья оказывают также размеры площади водосбора, характер русла и поймы.

Наиболее высокие подъемы половодья наблюдаются на реках восточной части и наименьшие — на реках западной части области. Данные о превышении пика половодья над нулем графика и над предвесенним уровнем воды в маловодные, средние и многоводные годы приведены в табл. 3.

Наиболее высокие подъемы половодья наблюдались на р. Сухоне у д. Каликино, где они составляли 842 см над предвесенним уровнем. Наименьшие подъемы половодья зарегистрированы на сильно заболоченных реках (Суда, Колпь, Аддога), где высота половодья над предвесенним уровнем — 328 см.

Таблица 4

Высота половодья на реках над предвесенним уровнем, см

Площадь водосбора, км ²	Маловодные годы	Средние годы	Многоводные годы
200— 5000	88—295	172—466	230—651
5 100—50 000	173—312	358—516	508—842
>50 000	273	485	676

Высота половодья в значительной мере определяется структурой речной сети, влияние же площади водосборного бассейна, при прочих равных условиях, сказывается незначительно. Нередко с увеличением площади водосборного бассейна уменьшается высота половодья. Это достаточно отчетливо подтверждается данными табл. 4.

Влияние структуры речной сети на половодье особенно наглядно выражено на р. Сухоне, где часто наблюдаются катастрофические подъемы уровней воды (Давыдов, 1947). Это свойство р. Сухоны есть следствие сравнительно небольшой ширины русла.

рины ее бассейна (короткие притоки), выплывают бассейна в широтном направлении (с ЮЗ на СВ), вследствие чего таянием охватывается снежный покров во всем водосборе одновременно. Л. К. Давыдов весьма образно р. Сухону называет «истеричной рекой», так как резкие подъемы на ней чередуются с резкими спадами уровня воды.

Интенсивность подъема уровней весеннего половодья находится в тесной зависимости от климатических факторов (водности года, нарастания положительных температур), а также степени зарегулированности и морфологических особенностей речных долин. Наибольшая интенсивность подъема половодья наблюдается на незарегулированных реках с узкими долинами. Интенсивность подъема уровней в первые дни половодья обычно незначительная — 5—20 см, в дальнейшем она резко возрастает и на больших реках в средние по водности годы составляет 20—40 см в сутки (Юг у Гаврино и Сухона у Порога).

Наиболее интенсивный подъем половодья наблюдается в многоводные годы при дружном снеготаянии, когда, например, на р. Сухоне, у Порога, подъем воды достигает 160 см в сутки, на р. Юг у Гаврино — 125 см в сутки. Интенсивность подъема воды при заторах льда достигает 496 см/сутки (р. Сухона у Порога). Во время прохождения половодья ежегодно наблюдаются разливы рек по пойме. Ширина, глубина и продолжительность разливов на различных реках и участках рек определяются высотой половодья и морфологией долины. На больших реках продолжительность затопления поймы достигает 75 и более дней (Верхняя Сухона — Озерина), на других, относительно небольших реках период затопления поймы обычно не превышает 15—30 дней.

В период весеннего половодья на пойменных реках (Сухона в верхней части течения, Юг, Вага и Кулой в нижнем течении), при подъеме уровней и затопления поймы происходит, по-видимому, интенсивная инфильтрация речной воды в аллювиальные отложения пойменной террасы и обратная отдача в реку этой воды при спаде уровней. Б. И. Куделин (1950) этот грунтовый водообмен назвал «береговым регулированием». Проведенные Л. Т. Федоровым (1960) исследования на р. Оке показали, что величина грунтовой инфильтрации сильно колеблется по годам, достигая наибольшей величины в многоводные годы и наименьшей — в маловодные.

Величина грунтовой инфильтрации ни для одной из рек Вологодской области не установлена. Однако ориентировочно «предельные» размеры инфильтрации могут быть подсчитаны по геолого-гранулометрическим данным для отдельных участков пойменных рек. В качестве примера произведен подсчет величины инфильтрации в пределах поймы р. Юга — от устья р. Лузы до впадения в р. Сухону. Площадь пойменной террасы на рассматриваемом участке — 44 км², превышение поверхности

поимы над меженным уровнем грунтовых вод в 1958 г. в среднем составляло примерно 2 м. Если допустить, что коэффициент порозности встречающихся здесь песков и суглинков в среднем составляет 0,35, то «предельная» величина объема инфильтрации составит около 31 млн. м³.

По наблюдениям Л. Т. Федорова (1960), наиболее интенсивная инфильтрация наблюдается в первые дни затопления речной поймы. По мере насыщения грунта водой инфильтрация замедляется. После спада весенних уровней и освобождения поймы от воды происходит возврат просочившихся вод. Время отдачи этих вод определяется объемом и порозностью аллювиальных отложений. Наибольшая интенсивность этой отдачи, как отмечает указанный автор, наблюдается на спаде половодья.

После окончания весеннего половодья на всех реках рассматриваемой области наступает летняя межень, переходящая иногда в осеннюю. Продолжительность меженного периода в таких случаях — до 120 дней. Средние меженные уровни изменяются в зависимости от величины подземного питания, которое определяется в значительной степени водностью года и зарегулированностью рек.

Источником подземного питания рек, как отмечалось рядом авторов, являются воды, находящиеся под поверхностью земли и обладающие способностью перемещения под влиянием силы тяжести. Эти особенности движения подземных вод весьма четко сформулированы Б. Л. Личковым (1933) в теории вертикальной гидродинамической зональности подземных вод. Согласно этой классификации, подземные воды и подземный сток делятся на три зоны: верхняя зона — наибольшего динамического стока, средняя — замедленного стока и нижняя зона — относительно застойных вод.

Основную роль в питании рек Вологодской области в межень играют воды первой зоны и лишь частично воды более глубоких зон. Глубокие подземные воды в виде восходящих источников местами выходят на поверхность и дренируются реками. Выходы таких источников зарегистрированы в нижнем течении рр. Сухоны, Сити, Ваги и др.

Значительное влияние на колебание меженных уровней оказывают и степень зарегулированности рек. На зарегулированных реках (Свидь, Верхняя Сухона) амплитуда колебаний меженных уровней меньше, чем на незарегулированных (Юга, Вага и др.).

Наинизшие летние уровни на малых реках (Нижняя Ёрга, Верхняя Ёрга, Царева, Кубена до д. Кубенской и др.) наблюдаются преимущественно в июне и на больших реках — в июле-августе. Колебания меженных уровней по годам по всем рекам области незначительные и обычно не превосходят 20—60 см.

На фоне летней и осенней межени довольно часто наблюда-

даются подъемы воды, вызванные дождями. Наибольшей повторяемости и высоты достигают дождевые паводки на реках восточной части области (рис. 1), где они нередко равны или превосходят весеннее половодье (Юг, Лежа, Верхняя Ёрга и Нижняя Ёрга, Луженьга и др.). Последнее обусловлено геоморфолого-литологическими особенностями местности, которые

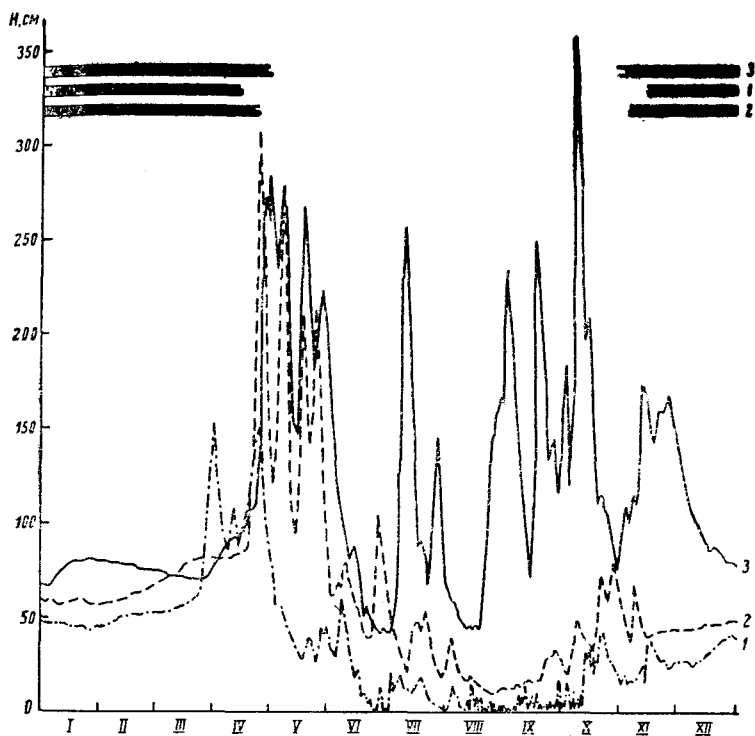


Рис. 1. Колебание уровня воды за характерные годы. Р. Юг у г. Никольска, отм. «О» графика 122,99 м абс.

1—1937 г.; 2—1942 г.; 3—1952 г.

благоприятствуют стоку дождевых осадков. В западной части дождевые паводки выражены слабо. Повторяемость летних паводков во времени составляет в среднем многолетнем до 53% в западной части области и до 85% в восточной.

Продолжительность отдельных летних паводков достигает 25 дней, чередуясь с перерывами в 5—6 дней. Летние паводки в некоторые годы охватывают июль—август и смыкаются с осенними дождевыми паводками (подобное явление наблюдалось на рр. Юг, Ёрга в 1952 г.). Осенние паводки на реках области наблюдаются почти ежегодно; обуславливаются они облож-

ными дождями этого периода. Повторяемость значительных осенних паводков во времени от 50—65% на западе и до 75—90% на востоке.

Высота подъема уровня в период осенних паводков обычно меньше, чем в период весеннего половодья. Однако в исключительно дождливую осень на средних по площади реках осенние паводки по высоте превосходят весенние (Юг, Кубена, Нижняя Ёрга и Верхняя Ёрга, Луженьга). Наиболее высокие осенние подъемы воды на заболоченных и зарегулированных реках составляют 1,0—2,2 м (Кема, Колпь, Суда), а на больших незарегулированных — 2,8—3,5 м над меженью. Интенсивность подъема осенних паводков, как правило, ниже летних и составляет в некоторые годы на реках восточной части области до 85 см в сутки (р. Сухона у Порога, X 1953 г.) и на западе не превышает 15 см в сутки. Большая интенсивность летних паводков обусловлена ливневыми осадками, в то время как осенью наблюдаются морозящие дожди.

Продолжительность осенних паводков достигает в особенно влажные годы 60—70 дней. Часто поднявшиеся после осенних дождей высокие уровни удерживаются до начала ледостава. При замерзании рек уровни их резко понижаются и затем вновь несколько повышаются. Резкое понижение, как известно, обусловлено потерями воды на ледообразование. В табл.

Таблица

Наибольшая высота подъема уровня при летних и осенних паводках над меженью, см

Река—пункт	Летний паводок	Осенний паводок
Молога—г. Устюжна	248— 4 VIII 1942	318—14 X 1952
То же—с. Лентьево	265— 5 VIII 1942	337—26 X 1952
Суда—с. Борисово-Судское	140— 2 VIII 1954	114—30 IX 1945
То же—д. Куракино	138—14 VI 1955	109— 2 XI 1935
Колпь—д. Торопово	164— 2 VIII 1942	164— 2 XI 1935
То же—д. Верхний Двор	177— 1 VII 1952	221— 3 XI 1935
Андога—хут. Ольховец	128—12 VIII 1928	152—28 XI 1928
Кема—д. Левково	167—23 V 1935	130— 1 XI 1935
	11 VI 1951	
Мал. Северная Двина—д. Медведки	309— 5 VI 1922	289—19 IX 1952
Сухона—г. Тотьма	447—25 VI 1938	281—10 IX 1933
То же—г. Великий Устюг	305—26 VI 1938	316—10 X 1952
Вологда—г. Вологда	307— 7 VI 1923	300—30 X 1935
Кубена—с. Троице-Енальское	304—16 V 1942	310—11 X 1947
То же—д. Кубинская	302— 2 VI 1951	214— 2 X 1952
То же—д. Горка	322—23 V 1939	303— 9 IX 1933
Юг—г. Никольск	322—18 VII 1950	307— 8 X 1952
То же—д. Гаврино	343—17 VI 1940	355— 9 X 1952
Вага—д. Глуборецкая	177—22 VI 1945	123— 1 XI 1954

¹ Подъем воды более 0,2 м над меженью.

Наибольшие и наименьшие значения уровня, см

Река—пункт	Высший годовой уровень	Низший годовой уровень	Амплитуда
Молога—г. Устюжна	896—6 V 1955	122—7—8 IX 1938	774
То же—с. Лентьево	872—10 V 1955	95—1, 11 IX 1938	777
Суда—с. Борисово-Судское	375—7 V 1955	45—5 IX, 5 X 1938	330
То же—д. Куракино	408—8 V 1955	39—8 XI 1951	369
Копель—д. Торопово	538—7 V 1955	61—5, 13 X 1938	477
То же—д. Верхний Двор	445—8 V 1955	43—25 X 1939	402
Анога—хут. Ольховец	410—12 V 1929	82—4 IX 1937	328
Кема—д. Левково	344—9 V 1955	23—7 XI 1939	321
Мал. Северная Двина—д. Медведки	879—9 V 1914	—10—29 X 1940	889
Сухожа—плотина Знаменитая (нижн. рейка)	804—23—26 V 1881	19—14 XI 1937	785
То же—д. Рабаньга	590—7 V 1941	—15—24—27 II 1944	605
" —д. Наремы	721—14 V 1881	59—5—10 II 1940	662
" —д. Усть-Толшма	725—6—7 V 1881	28—19—20 IX 1897	697
" —г. Тотьма	798—7 V 1881	0—2—10 III 1913	798
" —д. Коченьга	971—2, 7 V 1881	30—1 IX 1898	941
" —д. Березовая Слободка	868—7—8 V 1881	0—9 X 1920	868
" —д. Брызгалово	1003—1 V 1914	149—10 X 1920	954
" —д. Порог (Опоки)	1063*—8 V 1881	—24—22 XI 1937	1087
" —д. Скорятино	1221*—7 V 1914	9—4 IX 1898	1212
" —д. Каликино	1014*—6 V 1941	31—22—25 XII 1944	983
" —г. Великий Устюг	969*—19 IV 1953	—11—30 X 1882	980
Вологда—г. Вологда	638—11 IV 1903	—79—20 XI 1920	717
Ема—д. Новое	340—20 VI 1955	26—21—24 VII 1947	314
Кубена—с. Троице-Енальское	597—1 V 1946	107—29 X 1950	490
То же—д. Кубенская	853—23 IV 1953	230—30, 31 VIII 1950	623
" —д. Горки	568—23 IV 1953	—19—1—4 IX 1932	587
Юг—г. Никольск	453—25 IV 1936	—4—4 VIII 1931	457
То же—д. Гаврино	680—26 IV 1955	13—24—25 VII 1921	667
		15, 16 VIII 1927	
Вага—д. Глуборецкая	408—26 IV 1947	130—8 IX 1939	278

* Затопные уровни.

приведены значения наибольших уровней летнего и осеннего паводков.

Зимние уровни устойчивы, колебания их во времени обычно не превышают 20—40 см. Однако на ряде рек центральной восточной частей области в отдельные годы наблюдаются резкие подъемы и спады уровней, вызванные зажорными явлениями (рр. Сухона в нижнем течении, Уфтюга—Сухонская Верхняя Ёрга, Нижняя Ёрга и др.).

Для более полной характеристики режима уровней приведем данные об изменении амплитуды воды на реках рассматриваемой области. Последняя определяется, как известно, наибольшим уровнем весеннего половодья и наиболее низким уровнем летней или зимней межени (табл. 6). Амплитуда уровней определяется в основном степенью зарегулированности водотока и формой русла.

Наибольшая амплитуда уровня зарегистрирована на больших незарегулированных озерах на участках, где реки имеют узкие и глубокие долины (Нижняя Сухона, Вага, Верхняя и Нижняя Ёрги, Уфтюга и др.). Амплитуда колебаний на таких реках достигает 600—1212 см; нередко максимальные уровни обусловлены заторными явлениями во время весеннего ледохода. Последние особенно часто повторяются на порогах стом участке р. Сухоны (в/п Порог, Скорятино).

На сильно заболоченных реках западной части области амплитуда колебаний наименьшая и составляет 3,2—4,8 м.

Наиб.

Уровенный режим озер

В условиях Вологодской области основными слагаемыми водного баланса озер являются: приток талых и дождевых вод с поверхности водосбора, осадки, поступающие на поверхность озера, и приток грунтовых вод. Расходная часть водного баланса определяется стоком из озера, фильтрацией и испарением. В том случае если озеро замкнутое, расходная часть обуславливается почти исключительно испарением воды с поверхности озера. Основные озера области (Кубенское, Белое) зарегулированы плотинами, поэтому изменение уровней во времени здесь искажено.

Подъем уровней на озерах Белое и Воже начинается во второй половине апреля, на оз. Кубенское — в первой декаде апреля, когда озеро еще покрыто льдом. На повышение уровня на оз. Кубенское оказывает некоторое влияние обратный сток р. Сухоны, возникающий почти ежегодно в результате более раннего наступления половодья на притоках. Нарастание уровня на незарегулированных озерах (оз. Воже) происходит плавно, на 5—6 см в сутки и достигает максимума в среднем в начале второй декады мая. Амплитуда колебания на оз. Воже в среднем 1,5 м, а в особо многоводные годы — до 2,79 м. На оз.

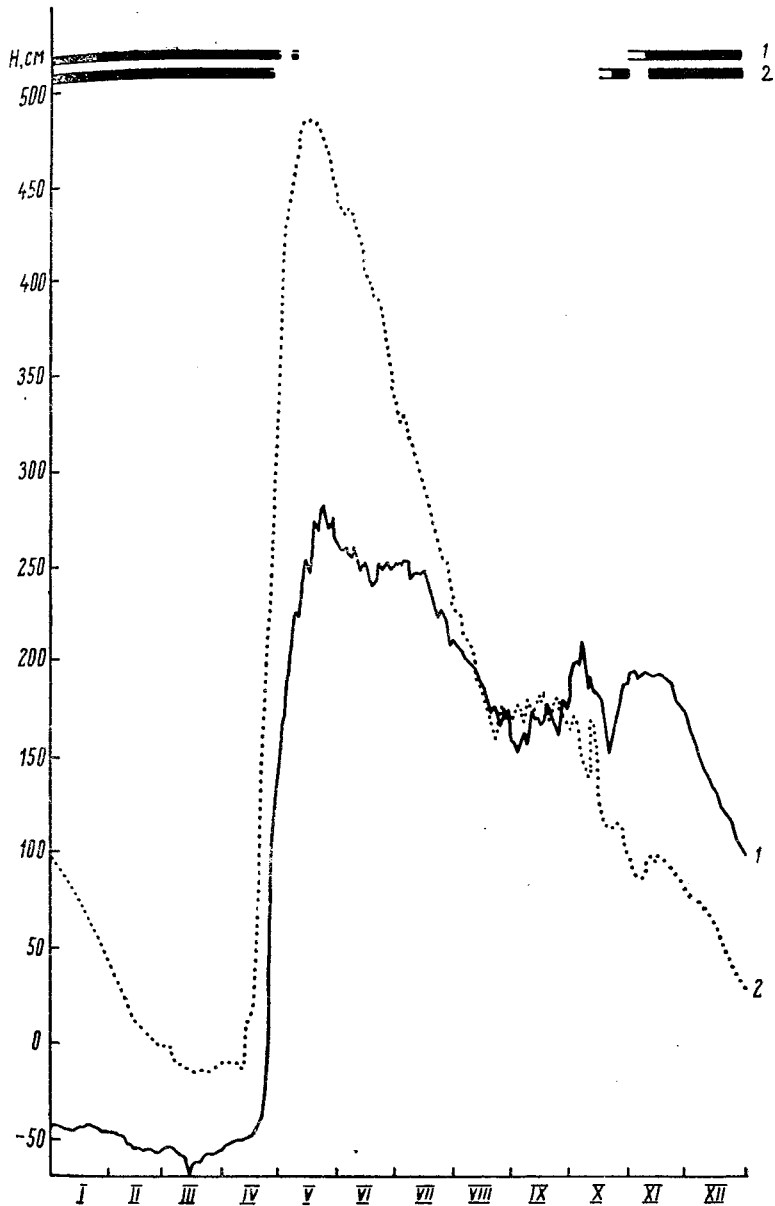


Рис. 2. Колебание уровня воды за характерные годы. Р. Сухона у шлюза Знаменитый (верхний бьеф), отм. «О» графика 100,94 м абс.

1—1945 г.; 2—1946 г.

Кубенское (Петрашень, 1911 г.) подъем воды в среднем составляет 2,45—2,75 м, а в особо многоводные годы — до 3,69 м. Регулирующее влияние плотины Знаменитой на высокие уровни воды не сказывается, поскольку закрытие плотины производится при высоких уровнях — на гребне половодья или вскоре после него. Спад воды продолжается непрерывно до сентября. Средняя скорость спада на оз. Воже — 3—4 см, а в июле — 2—1 см за сутки. На оз. Кубенское, вследствие попусков воды через плотину, спад уровня искажен (рис. 2).

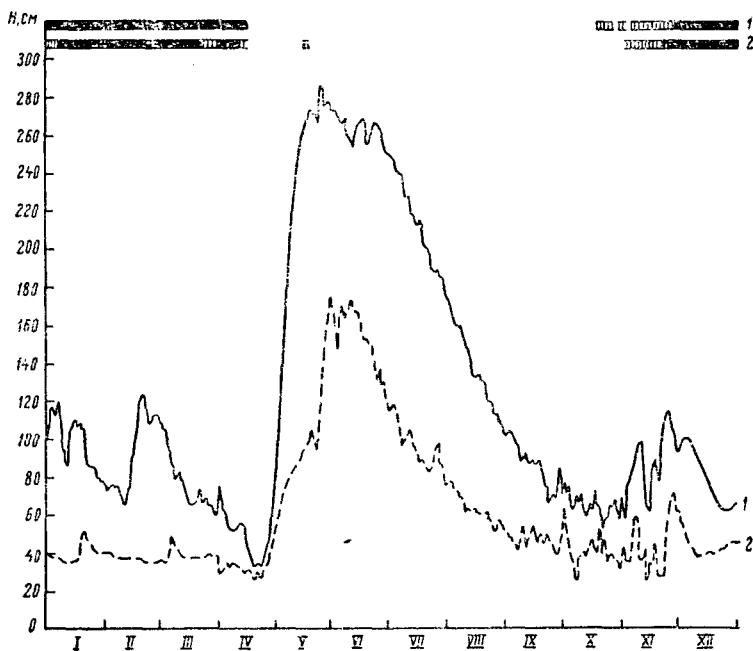


Рис. 3. Колебание уровня воды за характерные годы. Р. Свидь у д. Горки, отм. «О» графика 14,75 м усл.
1—1955 г.; 2—1939 г.

В течение сентября—октября наблюдаются устойчивые низкие уровни; с конца октября — начала ноября отмечается значительное — до 20 см — повышение уровня, сопровождающееся ледоставом. С установлением ледостава происходит постепенное понижение уровня воды — до апреля. Общее понижение воды в озерах с момента ледостава до начала весеннего подъема составляет по оз. Воже в среднем 63 см, или примерно 0,5 см за сутки. Осенние подъемы уровня на оз. Кубенское составляют 60—70 см. Общее представление о колебании уровня воды на оз. Воже дает график колебания уровня

р. Свидь, вытекающей из этого озера. Водомерный пост установлен в 15 км от истока (рис. 3).

В некоторые годы наблюдаются заметные отклонения колебаний уровня воды от вышеописанного типового изменения уровня воды, заключающиеся в небольших подъемах дождевого характера на спаде половодья или во время летне-осенней межени. Временами зимой наблюдается не спад, а подъем уровня воды, что обычно вызвано зажорными явлениями.

Помимо колебаний уровня, обусловленных осадками, наблюдаются очень небольшие изменения уровня, вызванные быстрым изменением атмосферного давления в одной части озера, вследствие чего образуются сейши (стоячие волны). В этом случае, вследствие неравномерного давления, вода колеблется, причем уровень ее у одного берега поднимается, а у другого опускается. Сейши, как отмечено в работе Н. М. Арсеньевой, Л. К. Давыдова, Л. Н. Дубровиной и Н. Г. Конкиной (1963), — постоянное явление на оз. Белое, где они бывают как продольные, так и поперечные. Период одноузловых продольных сейш — 3 и 44 мин, поперечных — 3 и 16 мин. Амплитуда сейш не превышает 17 см. Ветровые деформации водной поверхности, охватывающие водоем в целом, более всего выражены с мая по август, когда повторяемость северо-западных ветров со скоростью 2—5 м/сек достигает 60%, а со скоростью более 6 м/сек — 9% от общего числа ветровых дней. Подъемы воды (Соколин, 1960) в некоторые годы по Белому озеру — более 1,3 м высоты. Следует, однако, отметить, что точных данных для определения высоты ветровых сгонов и нагонов не имеется.

Описанный выше ход уровня характерен для больших проточных озер Вологодской области. Режим малых озер не изучен.

ГЛАВА VI

НОРМА СТОКА И ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГОДОВОГО СТОКА

Норма стока и ее распределение по территории

Средние годовые модули стока рек изучаемой области изменяются в относительно узких пределах — от 6,3 до 11,8 л/сек · 1 км². Наиболее многоводными оказываются реки северной части области, приуроченные к Коношско-Няндемской возвышенности. Значительное увлажнение (более 600 мм в год) и расчлененность рельефа обусловили здесь повышенные модули стока — более 11 л/сек · км². Реки южной части области,

водосборные бассейны которых менее увлажняются (529,473 мм), при увеличенной норме испарения отличаются меньшими значениями модулей стока — 6,5—8 л/сек·км².

При построении карты стока использованы данные К. П. Вокресенского (1962), обработанные ГГИ по 1956 г., реже 1958 г. включительно, и наши данные по р. Сухоне. Наблюдениям охвачено 39 пунктов, расположенных на территории области, 33 пункта в прилегающих к ней районах. Норма стока, вычисленная за фактические годы наблюдений, как правило, является несколько различной, в зависимости от календарного числа лет, за который эта норма подсчитана. Это подтверждается данными, приведенными в табл. 7.

Т а б л и ц а

Средние многолетние модули стока р. Сухоны за различные периоды наблюдений, л/сек·км²

Пункт	1880— 1899 гг.	1900— 1920 гг.	1920— 1935 гг.	1880— 1935 гг.	1916— 1951 гг.	1880— 1955 гг.
д. Рабаньга . . .	8,9	9,9	8,9	9,4	8,2	8,9
д. Камчуга . . .	8,6	9,5	8,8	9,0	8,1	8,5

Подобное явление объясняется тем, что многолетние изменения годового стока имеют относительно резкие колебания за различные периоды. Однако, как видно из рис. 4, 11-летняя Брикнеровская цикличность здесь выражена весьма слабо.

По р. Сухоне в течение 1881—1958 гг. наблюдались 4 основных цикла многоводных и маловодных лет и 2 цикла, близких к среднему. Чередование многоводных и маловодных лет представляется в следующем виде: многоводные периоды 1887—1889 (3 года); 1899—1905 (7 лет); 1915—1916 (2 года); 1922—1923 (2 года); 1952—1958 (7 лет); маловодные 1882—1886 (5 лет); 1890—1898 (9 лет); 1917—1921 (5 лет); 1937—1951 (15 лет); близкие к средним 1906—1914 (9 лет); 1924—1934 (11 лет). В пределах указанных периодов наблюдаются обычно через каждые 2—3 года, повышенные или пониженные расходы воды, оказывающие также влияние на норму стока за тот или иной период. При длительном ряде наблюдений (60—75 лет), как это доказано рядом гидрологов, влияние как циклических, так и отдельных несинхронных по водности лет на норму стока исключается.

Обращает на себя внимание относительно высокая синхронность в колебании годового стока рек Вологодской области, что позволяет сделать вывод о надежности приведения коротких рядов по стоку к более длинным по опорным бассейнам аналогам. Удлинение рядов по рекам бассейна рр. Сухоны

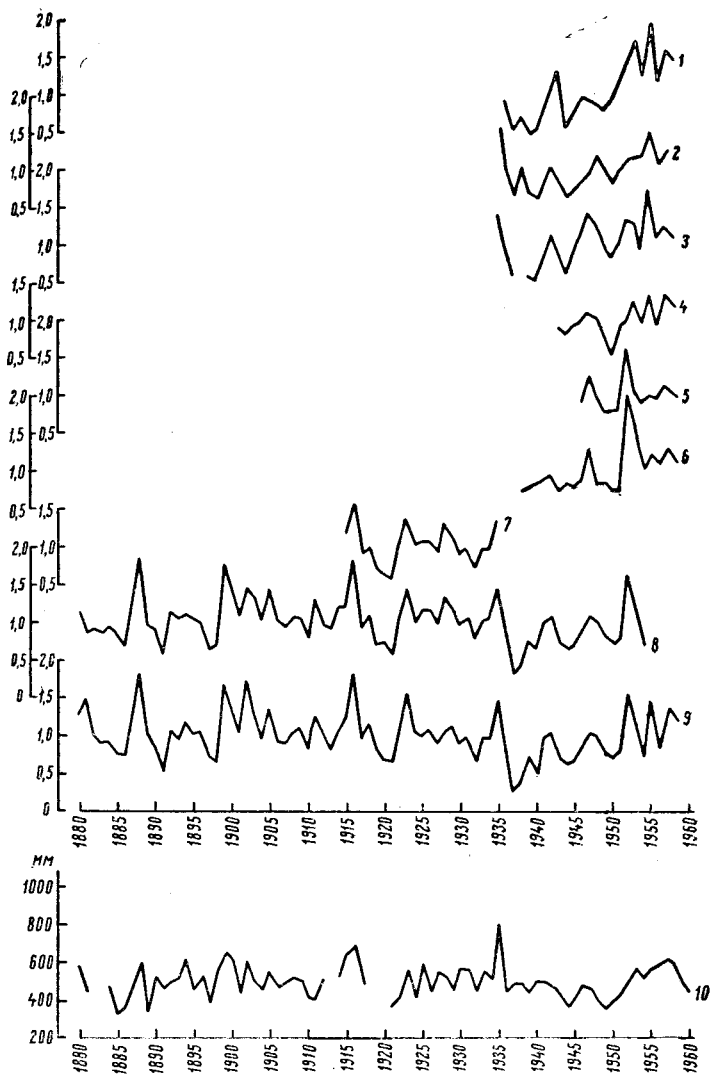


Рис. 4. Изменение модульных коэффициентов (K) стока и осадков по годам.

1 — р. Кобожя у д. Мошеник; 2 — р. Суда у д. Куракино; 3 — р. Колпь у д. Верхний Двор; 4 — р. Вага у д. Филяевской; 5 — р. Юг у д. Гаврино; 6 — р. Юг у с. Подосиновец; 7 — р. Сухона у д. Гремячево; 8 — р. Сухона у д. Камчуги; 9 — р. Сухона у д. Рабаныги; 10 — Метеорологическая станция г. Вологды.

Ваги проведено по данным р. Северной Двины, по рекам бассейна р. Юга — по материалам р. Унжи и рекам западной части области (Шексна, Суда и др.) — по данным р. Тихвинка.

Составление карты стока для Вологодской области, по материалам непосредственных наблюдений, приведенным к многолетнему ряду, затруднено вследствие относительно малого числа станций и неравномерного их распределения по территории. Поэтому для интерполяции величин стока между пунктами наблюдений дополнительно использованы данные, вычисленные по методу водного баланса. Испарение для всех гидрометрических станций подсчитано А. И. Овчинниковой (1969) по методу Будыко. Изолинии стока проведены на карте в миллиметрах слоя через 10 мм (рис. 5).

Точность карты для различных частей Вологодской области примерно одинакова. Наиболее надежные результаты карты дает для восточной части области, в пределах которой сосредоточены гидрометрические станции с наиболее длинными рядами наблюдений. В северо-западной части области изолинии среднего годового стока проведены до некоторой степени ориентировочно. Средний многолетний сток, установленный на основе фактических наблюдений в опорных пунктах, отклоняется от вычисленного по карте стока в пределах 5—8%. Обращает на себя внимание снижение нормы стока в направлении с севера на юг. Это снижение вызвано уменьшением нормы осадков в этом же направлении (от 650 мм на северо-западе до 485 мм на юге), а также повышением нормы испарения. Совокупность этих факторов и обуславливает снижение нормы стока.

Наряду с климатическими факторами на величину среднего годового стока влияют и прочие физико-географические факторы, учесть которые в настоящее время не представляется возможным. На малых водосборах юго-западной части области где климатические, почвенные условия, степень заболоченности и залесенности примерно одинаковы, обнаруживается дополнительное влияние на сток гидрогеологических условий водосборного бассейна. Так, уменьшение нормы стока на р. Андоге хут. Ольховец до $7,5 \text{ л/сек} \cdot \text{км}^2$ обусловлено, по-видимому, потерями весеннего стока в закарстованные породы карбона. Изменение площади водосборного бассейна, при прочих равных природных условиях, не оказывает влияния на величину многолетнего стока. В качестве иллюстрации приведем рис. 6 на котором отчетливо видно, что с увеличением площади водосборов не происходят изменения величины модуля стока и бассейны рек отличаются устойчивым средним стоком.

Гидрогеологические и почвенные условия, степень залесенности, заболоченности и другие физико-географические факторы сказываются на коэффициенте стока. Многолетние коэффициенты стока рек рассматриваемой области, судя по данным

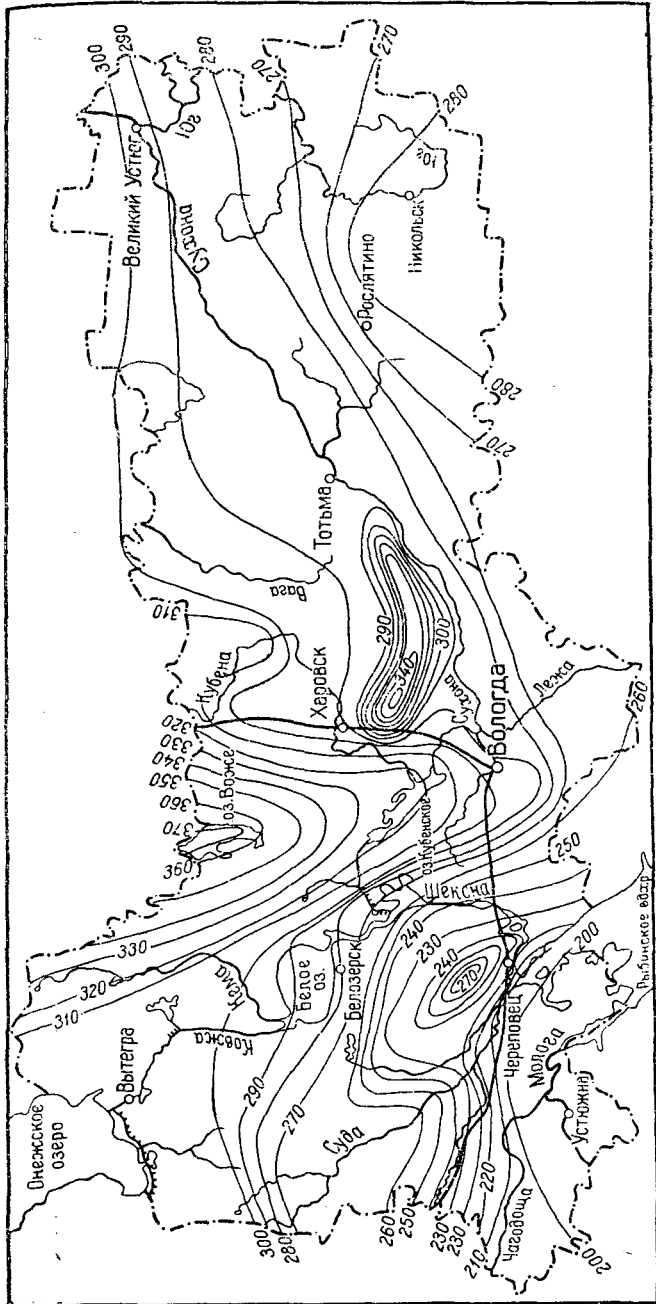


Рис. 5. Средний годовой сток, м.м.

делах даже небольших по площади территориях они изменяются до 30%.

Примером может служить юго-западная часть области, где коэффициент стока изменяется от 0,33 (р. Молога) до 0,4 (р. Суда). Повышенный коэффициент стока р. Суды связан с разгрузкой карстовых вод, часто в виде крупных источников

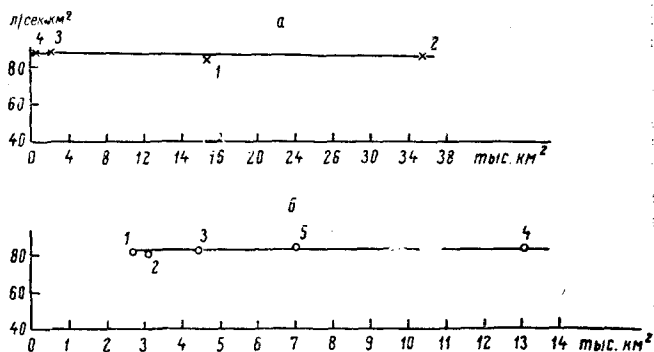


Рис. 6. Зависимость среднего годового модуля стока от площади водосбора.

а — реки юго-восточной части области (басс. р. Юг): 1 — р. Юг у с. Подосиновец, 2 — р. Юг у д. Гаврино, 3 — р. Кичменьга у д. Глебово, 4 — р. Дорожковка у д. Дорожковки; б — реки западной части области (басс. р. Суды): 1 — р. Кобожя у д. Анисимово, 2 — р. Колпь у д. Верхний Двор, 3 — р. Суда у д. Куракино, 4 — р. Суда у д. Нелазский перевоз, 5 — р. Чагодоша у с. Мегрино.

Таблица 8

Коэффициент стока рек

Река—пункт	Норма стока, мм	Норма осадков, мм	Коэффициент стока
Молога—г. Устюжна	198	600	0,33
Кабожа—д. Мощеник	208	600	0,35
Чагодоша—д. Анисимово	258	615	0,42
Суда—с. Борисово-Судское	265	569	0,47
Колпь—д. Верхний Двор	252	566	0,44
Андога—хут. Ольховец	236	569	0,41
Шексна—д. Черная Гряда	252	537	0,47
Сухона—д. Рабаньга	277	563	0,49
То же—д. Камчуга	287	568	0,50
„ „ —д. Каликино	290	568	0,51
Уфтыга—уроч. Колено	315	535	0,59
Кубена—д. Троице-Енальское	315	571	0,55
Юг—с. Подосиновец	252	524	0,48
Вага—д. Филиевская	293	514	0,58

Годовой сток рек Вологодской области подвержен относительно небольшим колебаниям. Соотношение наибольших и наименьших средних годовых расходов воды составляет для р. Сухоны 3,3—3,7, Юга — 2,8, Мологи — 3,5, Суды — 2,5. В многоводные годы величина стока по р. Сухоне превышает норму в 1,7—2,1 раза, по р. Юг — в 2,2 раза, Мологе — 1,8 и Суде — 1,6 раза. В маловодные годы годовой сток по р. Сухоне у д. Рабаньги и д. Камчуги составляет 48—54% нормы; по р. Мологе у г. Устюжны — 51%, Суде у д. Куракино — 64% и Андоге у хут. Ольховец — 40% нормы.

Колебания годового стока определяются изменчивостью метеорологических элементов, и прежде всего осадков, величина и характер которых изменяются в зависимости от синоптических условий данного года и от общих ландшафтных условий.

Отличительной особенностью многолетнего изменения стока рек Вологодской области является смена многоводных и маловодных периодов, чаще групп лет. Отметим, что подобная тенденция маловодных и многоводных лет образовывать группировки широко распространена в природе и связана, как отмечает ряд гидрологов, с изменением солнечной активности. Так, А. В. Шнитников (1957) на основе климатических и гляциологических данных установил не только факт многовекового колебания увлажненности северного полушария, но и одновременность (историческую) хода различных природных процессов вследствие их различной инерционности.

Для большинства рек Вологодской области многоводными годами были: 1881, 1888, 1899, 1900, 1916, 1923, 1935, 1952, 1953, 1955 (исключительно многоводный — 1888 г.). Маловодными годами были: 1891, 1898, 1921, 1937, 1938, 1940, 1944, 1950, причем исключительно низкий сток на реках области наблюдался повсеместно в 1921—1937 гг. Самый многоводный — 1888 г. (модуль стока по р. Сухоне $15,7 \text{ л/сек} \cdot \text{км}^2$) и маловодный — 1921 г. (модуль стока $4,3 \text{ л/сек} \cdot \text{км}^2$). Эти годы являлись крайними годами и для Волги. Теоретическая вероятность повторения этих расходов воды по р. Сухоне у д. Рабаньги составляет (при $C_v = 0,29$) один раз примерно в 100 лет.

Причиной многоводности 1888 г. были обильные осадки. Годовая сумма осадков по метеорологической станции г. Вологды в 1887—1888 г. была равна 601 мм при норме 529 мм; при этом зимние осадки составляли лишь 72% нормы, а осадки вегетационного периода — 142% нормы. Таяние снега происходило в условиях очень дружной весны; температура апреля была в полтора раза выше нормы (средняя температура воздуха апреля 1888 г. составляла $3,6^\circ$ при норме $2,4^\circ$) при одновременном обильном выпадении жидких осадков. Зимние температуры повсеместно в пределах области были на 30% ниже

нормы. Сумма среднемесячных температур XI—III составляла $-52,5^\circ$ при норме $-41,6^\circ$, что обусловило глубокое промерзание сильно переувлажненного осенними дождями почвенного покрова. Это предопределило малые потери на инфильтрацию.

Причиной маловодности 1921 и 1937 гг. явился дефицит осадков (60—69% нормы при повышенной температуре воздуха; средняя месячная температура воздуха за апрель превы-

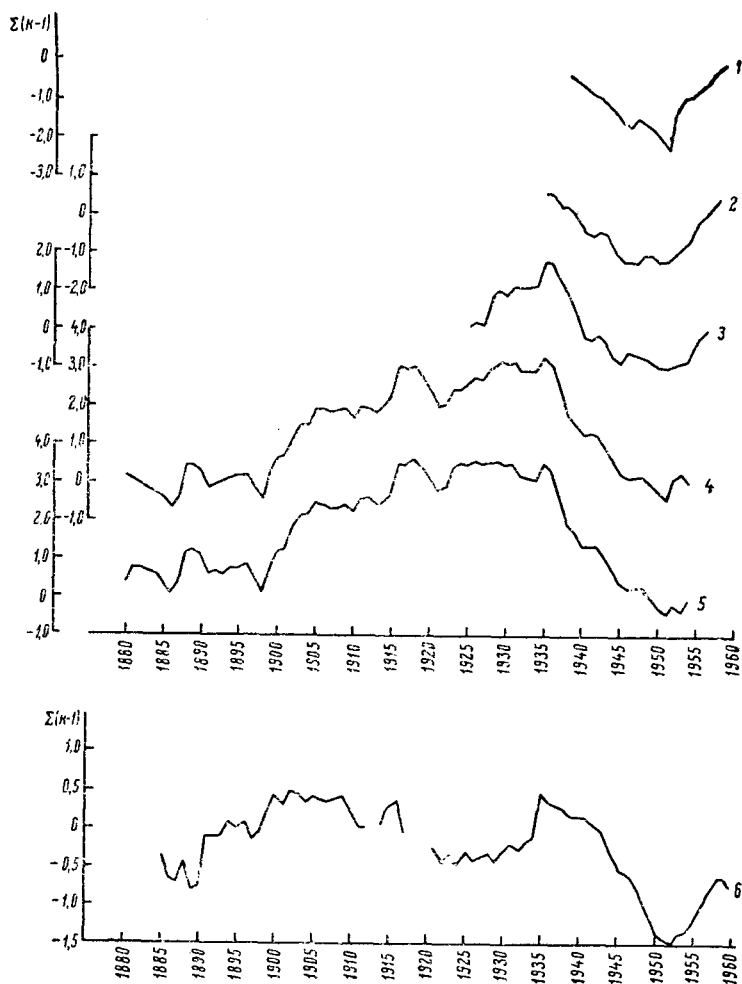


Рис. 7. Интегральные кривые нормированных отклонений модульных коэффициентов (K) годового стока и осадков от единицы.

1 — р. Юг у с. Подосиновец; 2 — р. Суда у д. Куракино; 3 — р. Андога у хут. Ольховец; 4 — р. Сухоны у д. Камчуги; 5 — р. Сухоны у д. Рабаныги; 6 — метеорологическая станция г. Вологды.

шала норму примерно в 4 раза). Что касается осадков, то уменьшение их отразилось главным образом на снижении зимних и весенних осадков. Зимние осадки (XI—III) за 1920—1921 гг. составляли 63 мм, или 48% нормы осадков зимнего периода; весенние осадки за IV—V 1921 г. составляли лишь 23,3 мм, или 30% нормы осадков этого периода. Следовательно, дефицит зимних и весенних осадков за 1920/21 г. и является основной причиной резкого понижения стока в 1921 г.

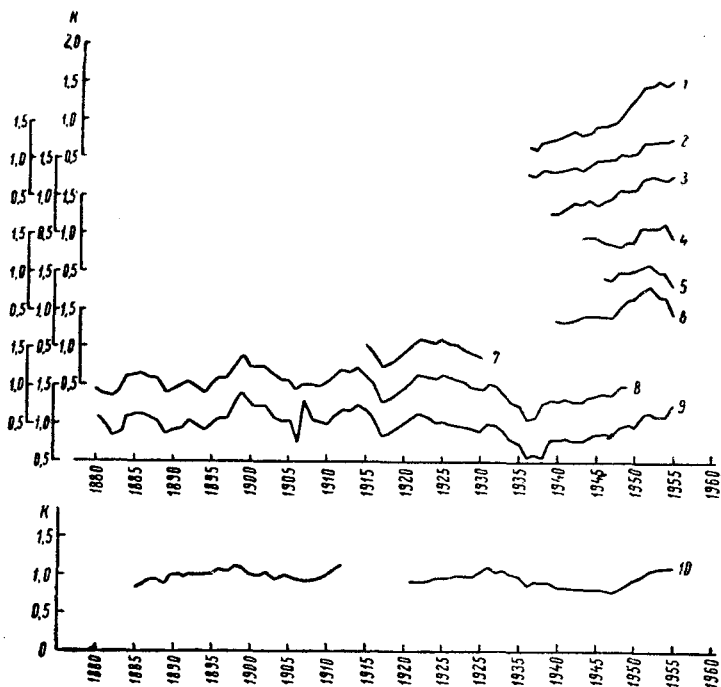


Рис. 8. Изменение модульных коэффициентов стока и осадков за скользящие пятилетия.

1 — р. Кобожя у д. Мощеник; 2 — р. Суда у д. Куракино; 3 — р. Колья у д. Верхний Двор; 4 — р. Вага у д. Филяевской; 5 — р. Юг у д. Гаврино; 6 — р. Юг у с. Подосиновец; 7 — р. Сухона у д. Гремячево; 8 — р. Сухона у д. Камчуги; 9 — р. Сухона у д. Рабаньги; 10 — метеорологическая станция г. Вологды.

Изменение стока в общем следует изменению осадков; это достаточно отчетливо подтверждается графиками (рис. 7, 8), на которых показано изменение модульных коэффициентов стока и осадков за различные периоды. Еще более отчетливо это совпадение отражено на графиках изменения коэффициентов относительной водности, подсчитанных по методу Л. К. Давыдова (рис. 9).

Из этих графиков видно, что Вологодская область отличается большой синхронностью годового стока. Анализ его колеба-

ний за период 1880—1958 гг. свидетельствует о высокой аналогичности в изменении водности рек. Особенно четко синхронность стока проявляется в характерные годы. Коэффициент корреляции связи годового стока рек бассейна Мал. Северной Двины составляет 0,67—0,75; рек басс. Рыбинского водохранилища — 0,65—0,70. Приведенные графики свидетельствуют также о том

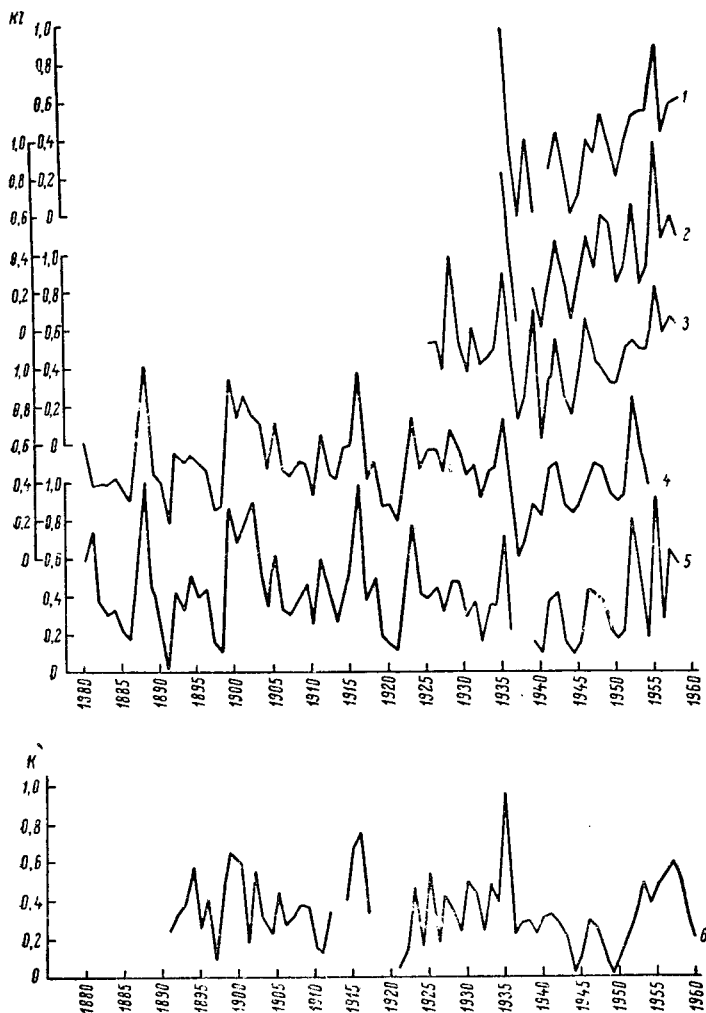


Рис. 9. Изменение коэффициентов относительной водности по годам (по Л. К. Давыдову).

1 — р. Суда у д. Куракино; 2 — р. Колпь у д. Верхний Двор; 3 — р. Андога у хут. Ольховец; 4 — р. Сухона у д. Камчуги; 5 — р. Сухона у д. Рабаныги; 6 — осадки метеорологической станции г. Вологды.

Значения коэффициентов вариации за период наблюдений и приведенные к многолетнему периоду
(по К. П. Воскресенскому, 1962)

Река—пункт	Период наблюдений	C_v за период наблюдений	C_v приведенные	C_s
Молога—с. Спас-Забережье	1933—1939 1941—1958	0,33	0,33	$2C_v$
То же—д. Овчиничи	1938—1958	0,31	0,31	$2C_v$
„ г. Устюжна	1934—1958	0,32	0,32	$2C_v$
Кобожь—д. Мошеник	1935—1958	0,39	0,39	$2C_v$
Чагодошца—д. Анисимово	1937—1942 1950—1958	0,27	0,27	$2C_v$
Суда—д. Куракино	1935—1958	0,26	0,26	$2C_v$
То же—д. Нелазский перевоз	1926—1935	0,26	0,26	$2C_v$
Колпь—д. Верхний Двор	1935—1937 1939—1958	0,31	0,31	$2C_v$
Андога—хут. Ольховец	1925—1958	0,30	0,30	$2C_v$
Шексна—с. Крохино	1894—1935 1940—1943, 1946—1947, 1949	0,26	0,26	$2C_v$
То же—д. Черная Гряда	1941—1943 1950—1958	0,23	0,23	$2C_v$
Кема—д. Левково	1947—1958	0,27	0,27	$2C_v$
Сухоны—д. Рабаньга	1880—1920 1923—1936 1943—1945 1954—1958	0,29	0,29	$2C_v$
То же—д. Камчуга	1880—1906 1909—1935	0,29	0,29	$2C_v$
„ „ —д. Каликино	1915—1935 1938—1942 1944—1958	0,25	0,25	$2C_v$
Масляная—д. Семшино	1927—30, 32—36, 1952—58	0,33	0,33	$2C_v$
Ема—д. Новое	1946—1958	0,33	0,33	$2C_v$
Кубена—с. Троице-Енальское	1947—1958	0,23	0,23	$2C_v$
Юг—с. Подосиновец	1938—1958	0,31	0,31	$2C_v$
То же—д. Гаврино	1946—1958	0,25	0,25	$2C_v$
Вага—д. Филяевская	1943—1958	0,21	0,21	$2C_v$
Кокшеньга—д. Моисеевская	1946—1958	0,28	0,28	$2C_v$
Свидь—д. Горки	1946—1958	0,25	0,25	$2C_v$

что многолетние колебания стока не носят строго циклического характера: группы многоводных лет чередуются с группами средних и маловодных лет, причем, как указывалось при характеристике нормы стока, продолжительность этих периодов различна.

Периоды повышения или понижения стока, как правило, продолжаются 1—5 лет. Иногда многоводные годы могут резко сменяться маловодными, и наоборот. Примером может служить сток р. Сухоны у д. Рабаньги и д. Гремячево: многоводный 1888 год сменился средним 1889 годом, а затем маловодным 1890 и еще более маловодным 1891 годом; группа многоводных лет (1914, 1915, 1916) сменилась примерно средними по водности (1917—1918 гг.), а затем группой маловодных лет (1919—1920 гг.) и далее более маловодным 1921 годом. Таким образом, в чередовании величин годового стока отчетливо выражена тенденция к образованию групп многоводных и маловодных лет.

Наиболее часто встречающаяся продолжительность циклов как это было установлено и Т. Н. Кочуковой (1955) для р. СССР, колеблется от 1 до 3 лет (80% всех лет); циклы большей продолжительности встречаются редко. Наибольшая продолжительность многоводного периода по р. Сухоне за 79-летний период наблюдений (1880—1958 гг.) составляла 7 лет, маловодного — 10 лет (1936—1945 гг.).

Затяжное маловодье в течение 10 лет на реках Вологодской области следует считать исключительным явлением. Маловодный цикл, сходный по своему характеру и примерно времени наступления (1933—1940 гг.), наблюдался на р. Волге. Повторяемость его в вековой перспективе, по расчетам Н. С. Шарашкиной (1960), значительно меньше одного раза в столетие. Однако при проектировании водохранилищ учет многолетней цикличности приобретает особое значение.

Из всех рассмотренных лет по 12 основным рекам области оказалось, что примерно 20% лет были многоводными, 30—35% маловодными и 35—45% средними по водности годами. Коэффициенты вариации годового стока на рассматриваемой

Таблица 1

Обеспеченность наибольших и наименьших средних годовых расходов воды

Река—пункт	Наибольший расход			Наименьший расход		
	Год	Q, м ³ /сек	Обеспеченность, %	Год	Q, м ³ /сек	Обеспеченность, %
Сухона—д. Рабаньга	1888	250	1,0	1891	68	98,5
То же—д. Камчуга	1888	610	1,0	1891	182	96,5
„ —д. Гремячево	1916	708	2,0	1921	254	97,0
Мал. Северная Двина—д. Горки . .	1916	1064	4,0	1937	396	99,5

территории, вычисленные по многолетним рядам наблюдений, изменяются в пределах от 0,20 до 0,33, причем и меньшие ряды наблюдений (30—35 лет) дают значения коэффициентов вариации, близкие к многолетним.

Для основных рек Вологодской области в табл. 9 приведены значения коэффициентов вариации, вычисленные за фактический период наблюдений и приведенные к многолетнему ряду.

Согласно приведенным значениям C_v и C_s наблюдавшиеся наибольшие и наименьшие значения годового стока имеют примерно следующую обеспеченность (табл. 10).

По малым рекам области катастрофические максимумы, как правило, наблюдениями не охвачены, и, естественно, обеспеченность их не установлена.

ГЛАВА VII

ВНУТРИГОДОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТОКА

Основные особенности распределения стока в течение года

Внутригодовые изменения стока рек области носят четко выраженный сезонный характер. Эти изменения определяются в основном климатическими факторами, среди которых ведущее место принадлежит осадкам и испарению.

Источники питания рек в пределах рассматриваемой области являются постоянными, что приводит к устойчивой типовой форме гидрографа различных рек. Большое влияние на распределение стока оказывают местные физико-географические факторы естественного регулирования стока (площадь водосбора, закарстованность бассейна и др.). Весьма существенное влияние на внутригодовое распределение стока оказывает также хозяйственная деятельность человека; созданием водохранилищ достигается перераспределение стока во времени. Примером может служить р. Сухона, летний сток которой повышен за счет пусков воды из оз. Кубенского.

Весенний сток (IV—V—VI) характеризуется большими объемами, обусловленными значительными снегозапасами, накопившимися в течение продолжительного холодного периода, и малыми потерями на просачивание и испарение. Сток этого периода составляет основную долю годового стока, достигающую на незарегулированных реках в среднем 40,9—70,8% от годового. В условиях Вологодской области это соотношение изменяется в различные по водности годы; в многоводные годы

(1888, 1916, 1928, 1935, 1952) доля весеннего стока обычно понижается и возрастает доля летне-осеннего стока, а в маловодные годы, как правило, доля весеннего стока возрастает и понижается доля летне-осеннего стока. Отчетливо выраженной связи между весенним и годовым стоком обычно не наблюдается или она выражена весьма слабо. Некоторое исключение в этом отношении представляют заболоченные реки западной части области, где эта зависимость выражена относительно отчетливо (рис. 10).

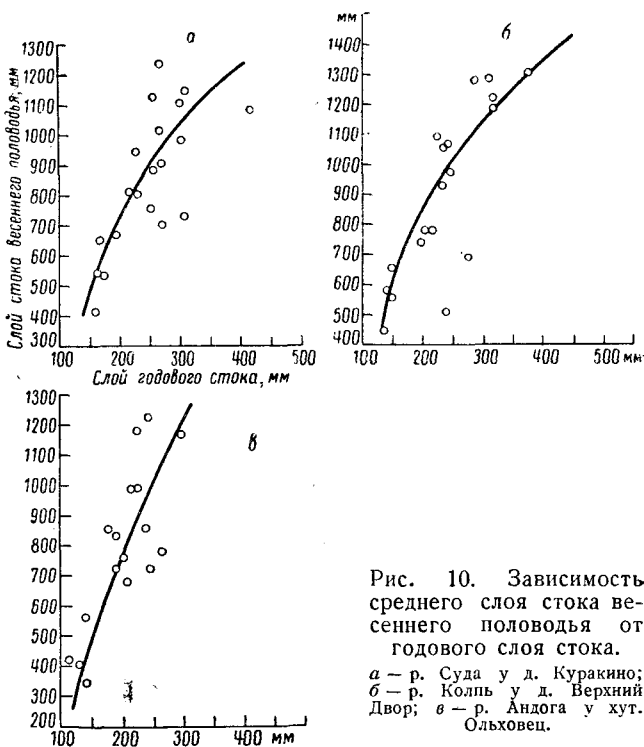


Рис. 10. Зависимость среднего слоя стока весеннего половодья от годового слоя стока.

а — р. Суда у д. Куракино;
б — р. Колпь у д. Верхний Двор; в — р. Андога у хут. Ольховец.

Сток летнего (VII—VIII) периода не превышает в среднем многолетнем 7,2—12,5% от годового. Сток за осенние месяцы (IX—XI) не превышает 25% и зимние (XII—III) — 14%. В табл. 11 приведено внутригодовое распределение стока в % от нормы. Наблюдается понижение весеннего стока на озерных реках (Свидь), где он составляет всего лишь 41%, и повышение зимнего стока (17,4%). Повышенный зимний сток отмечается также и на сильно заболоченных реках (Суда, Андога, Колпь). Последнее обусловлено тем, что торфяники, задерживая атмосферные осадки, способствуют более равномерному питанию рек. Средний многолетний сток за зиму (XII—III) не

Таблица 11

Внутригодовое распределение стока по месяцам и сезонам года

Река—пункт	Месячный сток в % от нормы												Сезонный сток в % от годового				Средний за год Q, м ³ /сек
													Весна (IV—VI)	Лето (VII—VIII)	Осень (IX—XI)	Зима (XII—III)	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII					
Сухона—д. Рабаньга	2,6	1,8	1,3	3,0	26,3	21,5	12,8	7,2	6,1	7,1	6,5	3,8	50,8	20,0	19,7	9,5	146
Сухона—д. Каликино	2,3	1,7	1,3	15,4	30,7	14,2	7,8	4,7	5,5	7,2	5,9	3,3	60,3	12,5	18,6	8,6	397
Свидь—д. Горки	4,6	3,8	4,0	6,4	17,5	17,0	12,0	8,5	7,0	7,6	6,6	5,0	40,9	20,5	21,2	17,4	55,0
Кубена—с. Троице-Енальское	1,1	1,0	1,0	31,2	29,0	10,5	4,4	2,8	3,7	6,8	6,4	2,0	70,8	7,2	16,9	5,1	11,7
Юг—с. Подосиновец	1,7	1,6	1,8	23,4	31,8	9,4	5,9	4,1	5,6	7,8	4,7	2,2	64,6	10,0	18,1	7,3	117
Юг—д. Гаврино	2,0	1,8	1,7	16,3	36,0	12,0	6,4	3,9	5,0	6,8	5,6	2,5	64,3	10,3	17,4	8,0	308
Вага—д. Филиевская	1,9	1,7	1,6	17,9	34,1	14,3	5,4	3,0	4,7	7,2	5,6	2,6	66,3	8,4	17,5	7,8	112
Кокшеньга—д. Моисеевская	2,0	1,8	1,8	27,5	32,1	9,6	4,5	3,0	4,5	6,3	4,8	2,1	69,2	7,5	15,6	7,7	35,4
Молога—г. Устюжна	2,4	2,1	2,5	33,0	24,4	7,6	3,9	3,8	3,3	6,1	6,8	4,1	65,0	7,7	16,2	11,1	122
Сула—д. Куракино	3,2	2,9	2,9	18,7	25,3	9,9	6,8	5,7	5,2	7,3	7,4	4,7	53,9	12,5	19,9	13,7	40,6
Колпь—д. Верхний Двор	2,7	2,3	2,2	23,3	27,8	8,5	5,6	4,6	4,3	7,5	7,7	3,5	59,6	10,2	19,5	10,7	25,4
Андага—хут. Ольховец	3,1	2,9	3,0	22,2	24,2	10,1	5,4	4,8	4,9	6,9	7,9	4,6	56,5	10,2	19,7	13,6	15,7
Шексна—д. Черная Гряда	1,7	1,7	2,3	12,3	15,6	13,7	10,7	9,2	8,9	8,6	7,3	8,0	41,6	19,9	24,8	13,7	166

реках юго-западной части области составляет 10,7—13,7%, повышаясь в маловодные годы до 19—20% от годового.

В северо-западной части области существенное влияние на распределение стока оказывает закарстованность бассейнов. Карст уменьшает поверхностный сток и увеличивает подземный. Примером могут служить рр. Мегра, Куность, Кема, в бассейнах которых широко развиты карстовые явления. Эти реки, судя по графикам колебаний уровня, отличаются небольшим весенним половодьем и более высоким меженным стоком. Многолетняя амплитуда уровня составляет по указанным рекам лишь 2,1—2,8 м.¹

На реках центральной части области, водосборы которых сложены суглинистой мореной и отличаются слабой заболоченностью, преобладает поверхностный сток (весенний сток составляет 60,2%, зимний — 5,1%, повышаясь в маловодные годы до 9,3%).

Таким образом, изменение условий формирования стока в пределах водосборного бассейна сказывается в первую очередь на распределении стока в течение года. Распределение средних многолетних величин стока не всегда совпадает с распределением стока реальных лет. В средних многолетних величинах несколько сглажено весеннее половодье, поэтому дополнительно приводится распределение стока за реальные годы: средний по водности год, многоводный и маловодный (табл. 12). Судя по данным, приведенным в табл. 12, колебания стока как по месяцам, так и сезонам носят более резкий характер.

Дополнительными показателями характеристики изменчивости распределения стока в году служат также коэффициенты неравномерности внутригодового стока, полученные: 1) как отношение наибольшего среднего месячного расхода воды к наименьшему среднемесячному расходу воды за весь период наблюдений:

$$K_{н(1)} = \frac{Q_{\text{ср. мес. макс}}}{Q_{\text{ср. мес. мин}}}$$

и 2) как отношение амплитуды колебания расходов воды среднему расходу за этот же период наблюдений:

$$K_{н(2)} = \frac{Q_{\text{макс}} - Q_{\text{мин}}}{Q_{\text{ср-год}}}.$$

Значения коэффициентов неравномерности приведены табл. 13.

В результате анализа приведенных показателей неравномерности могут быть сделаны следующие выводы: наибольшие колебания средних месячных расходов воды наблюдаются в рр. Сухоне (в нижней части), Кокшеньге и Мологе, значения

¹ Многолетних сведений по расходам воды на рр. Мегра, Куность, Кеме нет.

показателя $K_{н(1)}$ по которым достигает 150—197. Наоборот, наименьшие колебания расходов в году наблюдаются на озерных и заболоченных реках (рр. Свидь, Суда, Андога), у которых показатель $K_{н(1)}$ принимает значение от 14,5 до 78.

Коэффициент $K_{н(2)}$, характеризующий, во сколько раз годовая амплитуда колебания расходов воды больше среднего годового расхода, изменяется в пределах 4,7—23,4. Какой-либо ясно видимой общей закономерности в изменении величины $K_{н(2)}$ не усматривается, кроме того что на реках с зарегулированным стоком коэффициент неравномерности стока меньше, а на реках, бассейны которых сложены слабодопроницаемыми коренными породами, этот показатель больше (Кокшеньга, Кубена).

Для установления типового распределения стока на малоисследованных водотоках следует руководствоваться данными соседних рек-аналогов. При выборе реки-аналога, как известно, необходимым условием является однородность физико-географических условий водосборных бассейнов и примерно равные площади водосборов. Критерием однородности рек могут служить коэффициенты относительной водности,² вычисленные по формуле Л. К. Давыдова (1947) за соответствующие годы наблюдений:

$$K_v = \frac{Q_i - Q_{\min}}{Q_{\max} - Q_{\min}},$$

где Q_i —расход данного года; $Q_{\min}$ и $Q_{\max}$ —соответственно минимальный и максимальный годовые расходы. При $Q_i = Q_{\min}$ $K_v = 0$; при $Q_i = Q_{\max}$, $K_v = 1,00$.

Равенство или незначительное различие значений K_v за годы наблюдений позволяет в первом приближении принять реку с многолетним рядом за аналог. На основании осредненных многолетних данных месячного стока или стока за характерные годы, выраженного в относительных величинах (в процентах), составляется предварительная характеристика хронологического изменения стока по искомой реке.

Приведем пример расчета внутригодового среднего многолетнего распределения стока по р. Лузе у д. Красавино, имеющей малый ряд наблюдений. Вычисленные коэффициенты водности за одни и те же годы наблюдений изменяются в незначительных пределах: Значения коэффициентов водности (по формуле Л. К. Давыдова)

	1955 г.	1956 г.	1957 г.	1958 г.
Юг—с. Подосиновец	0,10	0,10	0,05	0,07 .
Луза—д. Красавино	0,11	0,10	0,06	0,09

² Коэффициент относительной водности (K_v) рек показывает, какую долю амплитуды средних годовых расходов составляет в данном году превышение расхода этого года над наименьшим средним годовым.

Таблица 12

Таблица 12

4,9	3,4	4,6	33,3	18,1	9,1	5,4	4,3	3,8	4,2	4,6	4,3	60,5	9,7	12,6	17,2	26,0
4,7	3,9	3,4	22,8	22,4	10,3	7,3	5,0	4,1	6,3	5,4	4,4	55,5	12,3	15,8	16,4	40,6
2,2	2,3	1,8	16,0	15,1	6,6	12,3	5,9	4,9	11,4	14,0	7,5	37,7	18,2	30,3	13,8	65,2
6,6	5,0	4,1	25,8	28,0	6,6	4,1	3,3	3,2	4,0	5,8	3,5	60,4	7,4	13,0	19,2	39,7
3,7	3,2	3,7	41,6	18,7	6,8	4,0	3,3	3,4	3,9	3,9	3,8	67,1	7,3	11,2	14,4	14,9
4,5	3,8	3,3	29,2	21,9	10,7	7,6	5,0	2,9	3,5	3,8	3,8	61,8	12,6	10,2	15,4	24,6
2,2	1,8	1,7	4,2	57,3	16,4	4,6	2,7	1,8	2,2	3,4	1,7	77,9	7,3	7,4	7,4	43,4
3,1	2,6	2,8	41,5	25,9	4,5	4,2	3,3	2,3	2,9	4,2	2,7	71,9	7,5	9,4	11,2	22,5
2,9	3,2	3,1	19,6	26,4	11,2	6,5	4,4	3,1	3,8	4,6	11,2	57,2	10,9	11,5	20,4	5,96
2,6	2,5	2,7	31,2	15,0	6,5	2,4	1,6	10,2	10,3	10,9	4,1	52,7	4,0	31,4	11,9	15,4
2,1	1,9	1,8	8,8	13,5	2,9	5,0	13,5	10,9	11,3	15,4	12,9	25,2	18,5	37,6	18,7	26,0
4,9	4,2	4,5	38,6	20,0	4,5	4,8	5,6	3,0	3,7	4,0	2,2	63,1	10,4	10,7	15,8	11,7
2,0	2,4	2,7	47,2	26,2	7,6	2,9	1,8	1,5	1,8	2,4	1,5	81,0	4,7	5,7	8,6	60,6
2,5	2,8	3,6	43,8	15,1	4,4	3,0	7,8	4,0	3,2	6,1	3,7	63,3	10,8	13,3	12,6	123
1,8	1,6	1,5	7,5	57,0	18,7	4,5	1,7	1,2	1,3	2,0	1,2	83,2	6,2	4,5	6,1	213
1,4	1,6	1,8	50,0	26,4	5,9	1,8	1,6	1,3	1,8	3,0	3,4	82,3	3,4	6,1	8,2	128
1,7	2,0	2,3	52,7	4,1	4,0	5,0	4,0	5,0	10,4	6,2	2,6	60,8	9,0	21,6	8,6	73,2
1,1	1,5	1,8	37,3	26,1	4,1	6,0	1,9	4,1	9,5	6,0	0,6	67,5	7,9	19,6	5,0	129
1,1	1,1	1,2	20,2	28,5	6,2	2,8	6,1	10,1	17,9	4,0	0,8	54,9	8,9	32,0	4,2	257

Коэффициенты неравномерности распределения стока

Река—пункт	$K_{н(1)}$	$K_{н(2)}$
Свидь—д. Горки	14,5	4,7
Сухона—д. Гремячево	121,7	14,1
То же—д. Камчуга	197,5	11,1
Кубена—с. Троице-Енальское	119	19,3
Юг—с. Подосиновец	93,3	17,9
Кокшеньга—д. Моисеевская	150,2	22,1
Молога—г. Устюжна	151,0	19,3
Суда—д. Куракино	47,6	15,2
Андога—хут. Ольховец	78,0	13,5

Столь малое изменение указанных коэффициентов позволяет р. Юг у с. Подосиновец принять за аналог для р. Лузы у д. Красавино и далее, по аналогии с р. Юг, вычислить средние многолетние величины стока. На рис. 11 показаны вычисленные величины стока по р. Лузе. Подобные расчеты можно произвести и за характерные по водности годы.

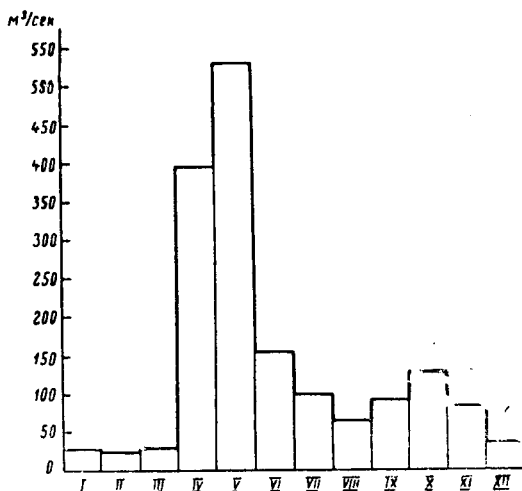


Рис. 11. Внутригодовое распределение среднего многолетнего стока р. Лузы у д. Красавино.

Кривые обеспеченности суточных расходов воды

Внутригодовое распределение стока может быть охарактеризовано также кривыми обеспеченности суточных расходов воды или уровней, которые дают представление о продолжительности стояния в году или в отдельные периоды года рас-

ходов воды или уровней, превышающих или равных данному. Кривые обеспеченности являются исходным материалом при водохозяйственных расчетах в целях использования рек для получения электроэнергии или использования их для целей водного транспорта.

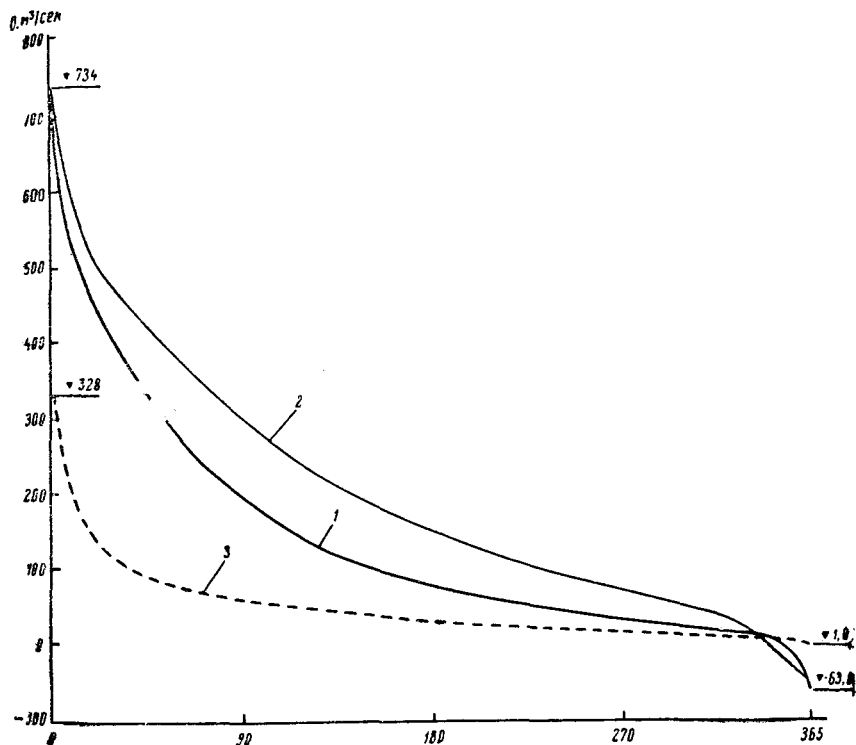


Рис. 12. Кривые обеспеченности средних месячных расходов воды р. Сухоня у д. Рабаньги (1880—1951 гг.).

1 — суммарная продолжительность периода 864 месяца: $Q_{\text{макс}} = 734 \text{ м}^3/\text{сек}$ (V 1881 г.), $Q_{\text{мин}} = 63.0 \text{ м}^3/\text{сек}$ (IV 1915 г.); 2 — суммарная продолжительность летнего периода 504 месяца: $Q_{\text{макс}} = 734 \text{ м}^3/\text{сек}$ (V 1881 г.), $Q_{\text{мин}} = 63.0 \text{ м}^3/\text{сек}$ (IV 1915 г.); 3 — суммарная продолжительность зимнего периода 360 месяцев: $Q_{\text{макс}} = 328 \text{ м}^3/\text{сек}$ (XI 1923 г.), $Q_{\text{мин}} = 1.00 \text{ м}^3/\text{сек}$ (III 1937 г.).

На рис. 12, 13, 14 приведены кривые обеспеченности средних месячных расходов воды. Дополнительно по судоходным рекам приведены кривые обеспеченности уровней за характерные годы и за навигационный период (рис. 15).

В соответствии с полученными данными продолжительность стояния расходов, равных или больших среднего многолетнего расхода на рр. Сухоне и Шексне, составляет 120—140 дней, по всем остальным рекам не превышает 90 дней в году. На графиках обеспеченности ежедневных уровней воды за различные

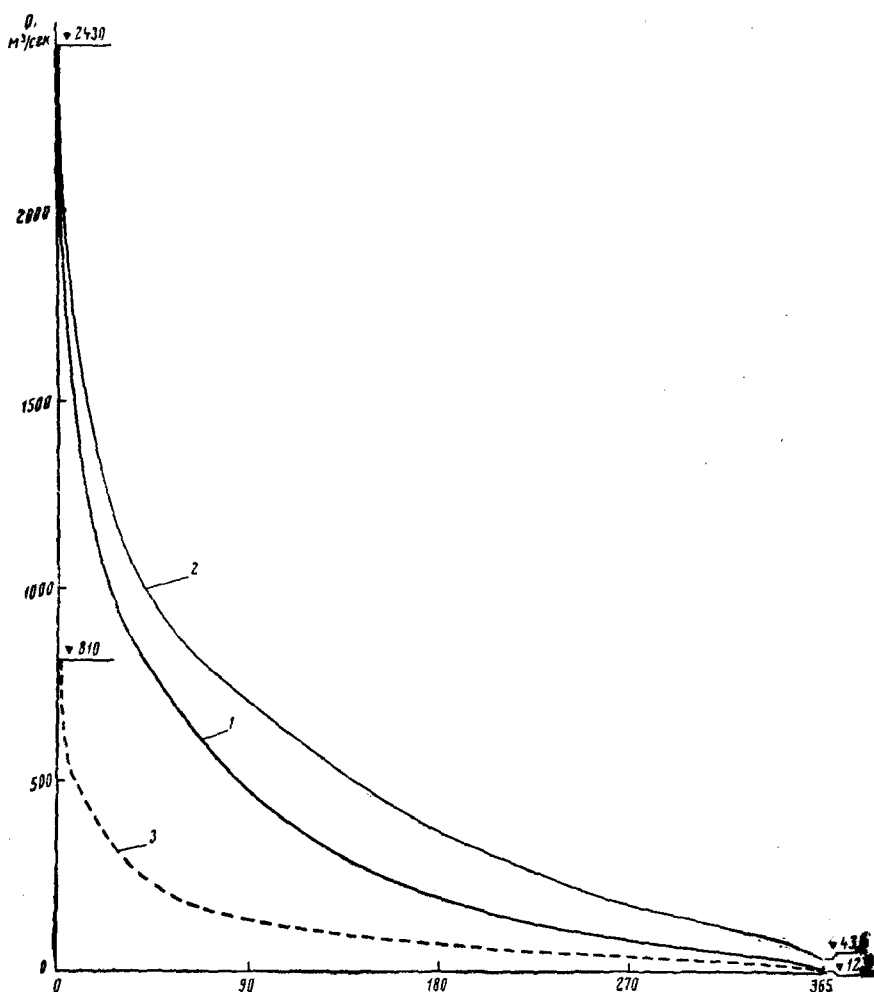


рис. 13. Кривые обеспеченности средних месячных расходов воды р. Сухоны у д. Камчуги (1880—1951 гг.).

1 — суммарная продолжительность периода 858 месяцев: $Q_{\text{макс}} = 2430 \text{ м}^3/\text{сек}$ (V 1881 г.), $Q_{\text{мин}} = 12,3 \text{ м}^3/\text{сек}$ (III 1898 г.); 2 — суммарная продолжительность летнего периода 503 месяцев: $Q_{\text{макс}} = 2430 \text{ м}^3/\text{сек}$ (V 1881 г.), $Q_{\text{мин}} = 43,5 \text{ м}^3/\text{сек}$ (IV 1945 г.); 3 — суммарная продолжительность зимнего периода 355 месяцев: $Q_{\text{макс}} = 810 \text{ м}^3/\text{сек}$ (X 1928 г.), $Q_{\text{мин}} = 12,3 \text{ м}^3/\text{сек}$ (III 1898 г.).

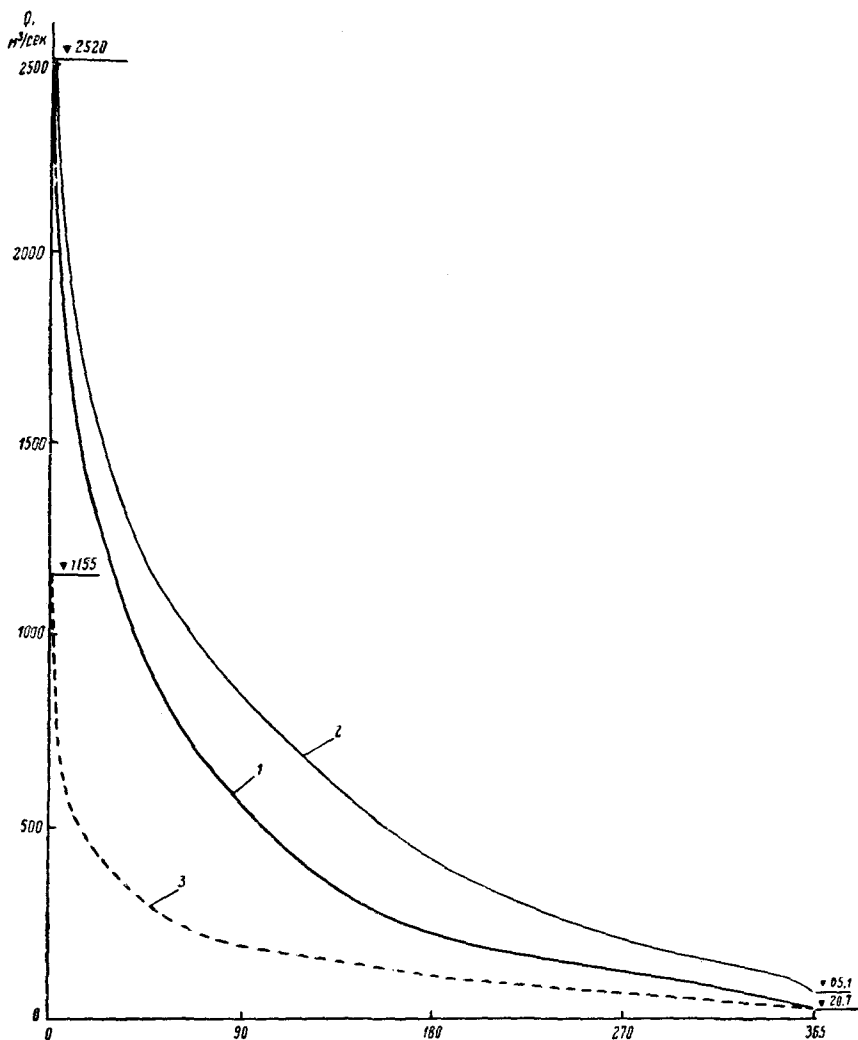


Рис. 14. Кривые обеспеченности средних месячных расходов воды р. Сухоны у д. Гремячево (1915—1951 гг.).

1 — суммарная продолжительность периода 444 месяца: $Q_{\text{макс}} = 2520 \text{ м}^3/\text{сек}$ (V 1926), $Q_{\text{мин}} = 20,7 \text{ м}^3/\text{сек}$ (II 1950 г.); 2 — суммарная продолжительность летнего периода 259 месяцев: $Q_{\text{макс}} = 2520 \text{ м}^3/\text{сек}$ (V 1926 г.), $Q_{\text{мин}} = 65,1 \text{ м}^3/\text{сек}$ (IV 1945 г.); 3 — суммарная продолжительность зимнего периода 185 месяцев: $Q_{\text{макс}} = 1155 \text{ м}^3/\text{сек}$ (IX 1928 г.), $Q_{\text{мин}} = 20,7 \text{ м}^3/\text{сек}$ (II 1950 г.).

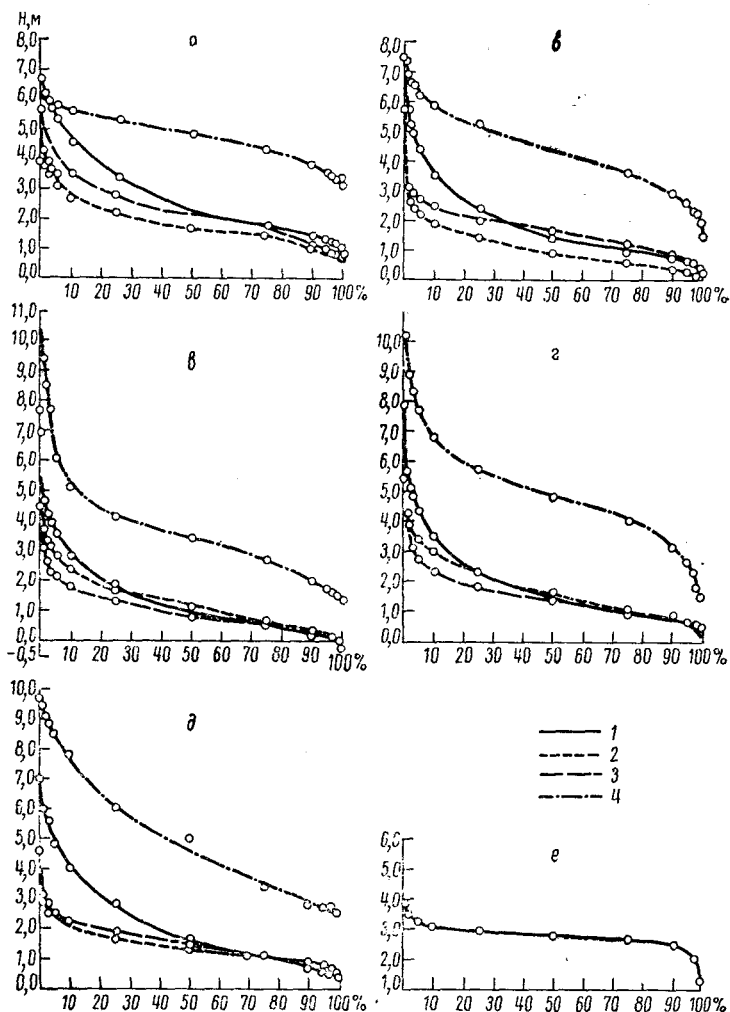


Рис. 15. Кривые обеспеченности ежедневных уровней воды.

а — р. Сухона у с. Наремы (1916—1956 гг.); б — р. Сухона у г. Тотмы (1916, 1917, 1919—1956 гг.); в — р. Сухона у д. Порог (1916—1956 гг.); г — р. Сухона у д. Каликино (1914—1959 гг.); д — р. Сухона у г. Великий Устюг (1929—1957 гг.); е — р. Шексна у д. Иванов Бор (1927—1954 гг.). 1 — навигационный; 2 — зимний; 3 — осенний ледоход; 4 — весенний ледоход.

периоды обращает на себя внимание преобладание низких навигационных уровней на р. Сухоне у д. Порог, где они являются годовыми минимумами и опускаются ниже зимнего примерно на 0,3 м.

ГЛАВА VIII

МАКСИМАЛЬНЫЙ СТОК

Максимальный сток весеннего половодья

Изучение максимальных расходов воды рек рассматриваемой территории является одной из наиболее сложных и практически важных задач. Особый интерес представляют редко повторяющиеся катастрофические расходы воды для гидротехнического строительства, железнодорожного транспорта, лесосплава и пр., так как эти величины в значительной мере определяют размеры плотин, мостов и сроки сплава древесины.

Максимальные расходы воды на реках Вологодской области обычно наблюдаются в период весеннего половодья. В подавляющем большинстве случаев максимальные весенние расходы проходят в третьей декаде апреля — начале мая. Средняя дата прохождения максимального расхода по различным рекам изменяется от 23 IV по 26 V; наиболее ранние даты — от 3 по 27 IV и наиболее поздние — от 7 V по 23 VI. На зарегулированных реках начало половодья наступает примерно на две недели позднее (табл. 14).

Дождевые, летне-осенние максимумы хотя и достигают в некоторые годы значительной величины, но, как правило, уступают весенним максимумам. В некоторые годы на реках восточной части области, где преобладает расчлененный рельеф и наблюдается густая водопроводящая сеть (Юг, Верхняя Ёрга, Нижняя Ёрга, Уфтяга, Луженьга и др.), летние, а иногда и осенние максимальные расходы превосходят весенние. Так, по р. Юг у с. Подосиновец летний расход 20 VII 1950 г. составлял $811 \text{ м}^3/\text{сек}$, а наибольший весенний расход за этот год — $684 \text{ м}^3/\text{сек}$ (28 IV); по этой же реке осенний расход 8 X 1952 г. составлял $1410 \text{ м}^3/\text{сек}$, а весенний максимум 30 IV — $1360 \text{ м}^3/\text{сек}$, т. е. летние максимальные расходы воды превышали весенние на 4—19%. Особо высокие летние расходы воды зарегистрированы на рр. Лужепье (1952 г.) и Нижней Ёрге (1958 г.), где они превышали наибольшие весенние расходы на 25—30%.

Наибольшие по своей величине максимальные расходы воды, как уже упоминалось выше, наблюдаются обычно одновременно почти на всей территории области (табл. 15).

Таблица 14

Прохождение максимальных расходов воды

Река—пункт	Площадь водосбора, км ²	Весенний максимум, м ³ /сек		
		ранний	средний	поздний
Свидь—д. Горки	5240	146—4 V 1943	144—26 V	158—20 VI 1951
Сухона—д. Рабаньга	15500	522—20 IV 1920	545—13 V	589—11 VI 1923
То же—д. Каликино	49200	3720—12 IV 1948	3146—27 IV	3900—8 V 1955
Кубена—с. Троице-Енальское	1110	159—18 IV 1951	135—1 V	135—19 V 1941
Юг—с. Полосиновец	15200	681—14 IV 1951	1310—27 IV	1346—10 V 1942
Юг—д. Гаврино	34800	2480—27 IV 1951	2480—5 V	2910—30 VI 1952
Вага—д. Филиевская	13260	1120—19 IV 1951	1054—6 V	523—23 VI 1945
Кокшеньга—д. Моисеевская	4410	137—6 IV 1950	392—26 IV	503—11 V 1955
Молога—г. Устюжна	19400	657—3 IV 1937	1042—23 IV	1230—7 V 1941
Суда—д. Куракино	4950	334—17 IV 1951	336—29 IV	296—18 V 1941
Колпь—д. Верхний Двор	3160	282—15 IV 1951	257—29 IV	184—19 V 1941
Андога—хут. Ольховец	2080	126—13 IV 1933	139—26 IV	132—19 V 1941
Шексна—д. Черная Гряда	18400	619—12 IV 1951	595—28 IV	243—9 V 1940
Кема—д. Левково	4160	210—22 IV 1950	310—30 IV	270—7 V 1954

Наиболее высокие максимумы наблюдались в 1881 г. К сожалению, наблюдения производились лишь на Сухоне, поэтому невозможно установить, насколько высоки были максимумы в этот год на других реках области. Значительные максимумы наблюдались в 1947, 1952, 1953 и 1955 гг. Разумеется, приведенные данные не являются предельными, поскольку для большинства рек они получены по весьма ограниченным рядам наблюдений. Но нет сомнения, что для ряда рек величины расходов близки к наибольшим своим значениям (р. Сухона). Все приведенные в табл. 15 наибольшие расходы установлены по наивысшему уровню воды за период наблюдений по кривой зависимости $Q=f(H)$.

Таблица 15

Наибольшие наблюденные расходы воды и модули стока

Река—пункт	Q , $м^3/сек$	Дата	M , $л/сек \cdot км^2$
Молога—г. Устюжна	2250	6 V 1955	116,0
Суда—д. Куракино	623	8 V 1955	125,8
Колпь—д. Верхний Двор	579	8 V 1955	183,2
Андога—хут. Ольховец	206	20 IV 1932	99,0
Шексна—д. Черная Гряда	934	7 V 1955	50,7
Свидь—д. Горки	263	25 V 1955	50,2
Сухона—д. Рабаньга	925	23—26 V 1881	59,6
Сухона—д. Камчуга	3940	7 V 1881	101,9
Сухона—д. Гремячево	5880	8 V 1881	117,3
Кубена—с. Троице-Енальское	205	22 IV 1953	184,7
Юг—с. Подосиновец	2100	3 V 1947	138,1
Юг—д. Гаврино	4820	7—8 V 1947	138,5
Вага—д. Филевская	1740	23 IV 1953	131,8
Кокшеньга—д. Моисеевская	786	27 IV 1947	178,0

Кривые зависимости расходов от уровней для подавляющего числа гидростворов достаточно надежны. Наибольшие расходы воды наблюдались в бассейне р. Сухоны. Максимальный расход воды Сухоны у д. Камчуги достигал $5880 м^3/сек$ при среднем максимуме за 70 лет $3276 м^3/сек$; по р. Юг у д. Гаврино — $4820 м^3/сек$ при среднем максимуме $2484 м^3/сек$. В западной части области наибольший расход воды наблюдался на р. Мологе у г. Устюжны — $2250 м^3/сек$ при среднем максимуме $1234 м^3/сек$. Приведенные в табл. 15 максимальные расходы воды в 11—23 раза превышают средние годовые расходы, на зарегулированных реках — в 5—6 раз (Свидь, Шексна, Верхняя Сухона).

Наивысшие модули стока в пределах области зарегистрированы: по р. Колпь $183,2 л/сек \cdot км^2$, Кокшеньге $178,0 л/сек \cdot км^2$, Югу и Ваге — $138,5—131,8 л/сек \cdot км^2$ и Сухоне — $117,3 л/сек \cdot км^2$. На малых реках центральной и восточной части обла-

сти, судя по расчетным данным, модули максимальных расходов воды достигают 200—300 л/сек·км² (рр. Двиница, Шорга, Нижняя Ёрга, Верхняя Ёрга, Луженьга). Относительно невысокие модули максимального стока по р. Сухоне у д. Рабаньги, р. Шексне и р. Свидь объясняются искусственным или естественным регулированием речного стока.

Катастрофические максимумы в пределах области формируются в результате одновременного интенсивного таяния обильных снеговых осадков с одновременным выпадением дождей, усиливающих процессы таяния и увеличивающих объем весеннего стока. Подобное явление наблюдалось в 1881, 1903, 1947 и 1955 гг., когда по рекам Вологодской области наблюдались максимальные расходы воды. Отметим, что влияние жидких осадков на формирование весеннего половодья определяется не только временем выпадения, но и их интенсивностью.

Помимо указанных факторов значительное влияние на величину весеннего стока оказывает также осеннее увлажнение, степень промерзания почвы, наличие на поверхности почвы ледяной корки, а также интенсивность и сроки оттаивания почвы, предопределяющие потери талых вод на инфильтрацию.¹ Чем выше осеннее увлажнение и больше промерзание почвы, при прочих равных условиях, тем меньше потери на инфильтрацию и, следовательно, выше величина весеннего максимального стока. Примером может служить сток р. Сухоны за 1947 г., когда, несмотря на малые зимние осадки (58% нормы), относительно небольшие жидкие весенние осадки, наблюдался повышенный максимальный расход воды, превышающий норму на 5—7%. Это обусловлено значительным промерзанием почвы (до 80 см) и дружным снеготаянием.

Характер нарастания и величина температуры воздуха в весенние месяцы, а также величина и интенсивность жидких осадков определяют соответствующую интенсивность и продолжительность снеготаяния, а следовательно, и величину максимального расхода воды. В Вологодской области нередки случаи, когда при больших снегозапасах, но пониженных температурах воздуха, незначительной сумме дождевых осадков и слабом промерзании почв образуются пониженные максимальные расходы воды. В качестве примера рассмотрим сток р. Сухоны за 1916 год,² когда, несмотря на значительные снего-

¹ П. А. Качинский (1927) наглядно показал, что водопроницаемость почвы зависит от характера расположения в почве замерзшей воды. Если замерзание почвы произошло при влажности верхних слоев почвы выше полной влагоемкости, то почва становится практически водонепроницаемой. Во всех остальных случаях почва водопроницаема, если она не насыщена водой и лед заполняет лишь мелкие поры.

² По метеорологической станции г. Вологды в 1916 г. снегозапасы на 44% превышали норму; температура воздуха в IV—V была на 1,1° ниже нормы, а жидкие осадки апреля были близки к норме. Некоторые превышения осадков в мае (на 26,3 мм больше нормы) не оказали влияния на повышение стока, так как они выпали после стаивания снега.

запасы, максимальные расходы воды составляли лишь 80—90% от среднего годового многолетнего максимального расхода воды, и, наоборот, за годы с относительно небольшими зимними осадками (1910 г., когда твердые осадки составляли 79% нормы), но при дружном снеготаянии максимальные расходы воды на 5—15% превышали средние максимальные. В обычные же годы, при незначительной мощности снеговых осадков к моменту таяния, на реках области наблюдается пониженный максимальный сток (1883, 1891, 1921 гг.).

Следует отметить, что на озерных, закарстованных и заболоченных бассейнах пониженный максимальный сток наблюдается также и в относительно многоводные годы, в случае если ему предшествовал маловодный год. В такие годы значительные объемы стока расходуются на пополнение емкости озер, болот и питание грунтовых вод.

Повторяемость лет с повышенным весенним половодьем, когда наибольший весенний расход воды был равен или превышал средний максимальный расход воды, составляет по р. Сухоне у д. Камчуги 54%, по р. Юг у с. Подосиновец — 67%, р. Ваге у д. Филяевской — 54%, р. Колпь у д. Верхний Двор — 43%, р. Андоги — у хут. Ольховец — 45%. Меньшая повторяемость больших паводочных расходов наблюдается на заболоченных реках.

Определение максимальных расходов воды редкой повторяемости из непосредственных наблюдений обычно затруднительно, так как большая часть рек имеет короткие ряды наблюдений. При решении же многих водохозяйственных вопросов необходимо знать величины наибольших максимумов, а также степень обеспеченности наблюденных максимальных расходов воды в многолетнем ряду.

Определение максимальных расходов воды любой заданной обеспеченности, при наличии достаточно длительных рядов наблюдений, производится при помощи метода математической статистики. При этом прибегают обычно к экстраполяции кривых обеспеченности за пределы наблюденных величин. Для построения кривой обеспеченности необходимо иметь статистические параметры: средний максимальный расход Q , коэффициент вариации C_v и коэффициент асимметрии C_s . Параметры кривых обеспеченности (Q и C_v), полученные за различные по длине периоды по рекам области, не имеют резких различий (табл. 16).

На незарегулированных реках 20- и даже 10-летние ряды наблюдений, охватывающие многоводные и маловодные годы, дают значения средних многолетних максимальных расходов воды и коэффициентов вариации, близкие к многолетним. Отклонения по р. Сухоне у д. Гремячево и г. Тотьмы составляют 4—12%, р. Мологе у г. Устюжны — 12%, по рр. Югу и Андоге значения коэффициентов вариации за указанные периоды со-

Средние максимальные расходы воды и значения коэффициентов вариации, вычисленные за различные периоды наблюдений

Река—пункт	Период наблюдений	Параметры кривой обеспеченности	
		Q, м ³ /сек	C _v
Сухона—д. Рабаньга	1880—1920	537	0,25
	1922—1936		
	1943—1945		
	1954—1955		
То же	1880—1926	582	0,18
" "	1911—1935	554	0,17
" "	1921—1935	525	0,16
Сухона—д. Гремячево	1880—1920	3372	0,30
	1922—1936		
	1943—1945*		
То же	1900—1925	3342	0,24
" "	1926—1935	3710	0,29
Сухона—г. Тотьма	1933—1955	1761	0,24
То же	1946—1955	1923	0,21
Сухона—д. Каликино	1938—1942	3145	0,32
	1944—1955		
Кубена—с. Троице-Енальское	1937—1944	133	0,31
	1947—1955		
Юг—с. Подосиновец	1931—1955	1321	0,34
То же	1946—1955	1365	0,34
Вага—д. Филяевская	1938—1955	1024	0,34
Суда—д. Куракино	1935—1955	336	0,38
То же	1946—1955	390	0,30
Колпь—д. Верхний Двор	1935—1937	257	0,48
	1939—1955		
То же	1946—1955	322	0,41
Андога—хут. Ольховец	1925—1955	139	0,32
То же	1936—1955	136	0,32
Шексна—д. Черная Гряда	1940—1943, 1946	595	0,39
	1950—1955		
Молога—г. Устюжна	1934—1955	1042	0,43
То же	1946—1955	1234	0,38

* Данные приведены к многолетнему ряду по наблюдениям р. Сухоны у д. Рабаньга.

впадают, а отклонения средних максимальных расходов воды не превышают 3%. В случае если период наблюдений не охватывает крайние по водности годы (1946—1955 гг.), отклонения значений коэффициентов вариации от многолетнего составляют 15—21% (рр. Колпь, Суда).

Коэффициенты вариации максимального стока рек Вологодской области, вычисленные за период наблюдений, изменяются в пределах от 0,25 (р. Сухона у д. Рабаньги) до 0,48 (р. Колпь

у д. Верхний Двор). Наибольших значений они достигают у водотоков западной и восточной частей области (C_v от 0,34 до 0,48) и наименьших — на зарегулированных реках (Верхняя Сухона, Свидь), где значения коэффициентов вариации максимального стока составляют 0,16—0,25.

Следует отметить, что коэффициенты вариации средних расходов весеннего половодья по рассматриваемым рекам несколько ниже наблюдаемых и изменяются в пределах 0,25 (р. Сухона) до 0,32 (р. Колпь). Соотношение коэффициентов вариации максимального и весеннего стока, как видно из табл. 17, изменяется в пределах 1,00—1,65; это свидетельствует о том, что не всегда наибольшие расходы воды приурочены к наибольшему объему весеннего половодья.

Таблица 17

Значения коэффициентов вариации максимальных расходов воды и весеннего стока и соотношение этих коэффициентов за период наблюдений

Река—пункт	Период наблюдений	C_{v_1} максимальных расходов воды	C_{v_2} средних расходов воды ве- сеннего поло- водья	$\frac{C_{v_1}}{C_{v_2}}$
Сухона—д. Каликино	1938—1942 1944—1955	0,32	0,25	1,28
Юг—с. Подосиновец	1931—1955	0,34	0,26	1,30
Вага—д. Филяевская	1938—1955	0,34	0,25	1,36
Суда—д. Куракино	1935—1955	0,38	0,26	1,46
Колпь—д. Верхний Двор	1935—1937 1939—1955	0,48	0,32	1,50
Андога—хут. Ольховец	1936—1955	0,32	0,32	1,00
Молога—г. Устюжна	1938—1955	0,43	0,26	1,65

Вероятные значения максимальных расходов приведены в табл. 18. Коэффициенты асимметрии приняты равными $2C_v$.

Сравнивая фактические и вычисленные максимальные расходы воды, можно прийти к заключению, что исторический максимум, наблюдавшийся по р. Сухоне в мае 1881 г., имеет обеспеченность у д. Рабаньги и у д. Камчуги менее 1%, т. е. повторяемость один раз более чем в 100 лет. Максимальные расходы 1955 г. по р. Мологе у г. Устюжны, Суды у д. Куракино, Колпь у д. Верхний Двор имеют повторяемость один раз примерно в 85 лет; обеспеченность наблюдаемого максимального расхода на р. Юг у с. Подосиновец составляет 1 раз в 20 лет. Вычисленные расходы воды 1%-ной обеспеченности по величине близки, по-видимому, к наибольшим расходам 1881 г. Максимальные расходы воды, наблюдаемые в последующие годы, меньше вычисленных расходов 1%-ной обеспеченности на 5—26%.

Широкое строительство в Вологодской области сельских ГЭС на малых водотоках и частые просчеты в определении величины максимальных расходов заданной обеспеченности, в результате чего наблюдаются разрушения построенных сооружений, требуют правильного определения величины максимальных расходов воды. Расчет максимальных расходов воды неизученных водотоков обычно производится по эмпирическим или полумэмпирическим формулам.

Таблица 18

Максимальные расходы воды (в $\text{м}^3/\text{сек}$) различной обеспеченности

Река—пункт	Период наблюдения	Параметры кривой обеспеченности		Обеспеченность при $C_s = 2C_v$		
		$Q_{\text{ср. макс.}}$	C_v	1%	5%	10%
Сухона—д. Рабаньга	1880—1920, 1922—1936					
	1943—1945, 1954—1955	537	0,25	899	776	715
Сухона—д. Гремячево	1915—1951	3372	0,30	6154	5193	4717
Сухона—г. Тотьма	1933—1955	1761	0,24	2893	2511	2321
Сухона—д. Каликино	1938—1942, 1944—1955	3145	0,32	5947	5293	4485
Кубена—с. Троице-Енальское	1937—1944, 1947—1955	133	0,31	247	207	188
Юг—с. Подосиновец	1931—1955	1321	0,34	2585	2137	1921
Вага—д. Филиевская	1938—1955	1024	0,34	2004	1657	1489
Суда—д. Куракино	1935—1955	336	0,38	702	570	507
Колпь—д. Верхний Двор	1935—1937, 1939—1955	257	0,48	627	488	422
Андога—хут. Ольховец	1925—1955	139	0,32	263	234	198
Шексна—д. Черная Гряда	1940—1943, 1950—1955	595	0,39	1263	1021	906
Молога—г. Устюжна	1934—1955	1042	0,43	2357	1872	1642

Большое разнообразие природных условий, обуславливающих формирование максимальных расходов воды, определило появление многочисленных формул и методов для их расчета. Из них наиболее распространенными являются формулы Д. Л. Соколовского (1952), А. В. Огиевского (1938), Л. Т. Федорова (1949), Г. А. Алексеева (1957), К. П. Воскресенского (1956) и др. Длительное время подсчеты максимального стока производились по формуле Д. Л. Соколовского. Эта формула отражает эмпирически установленную закономерность убывания максимального модуля стока (q_m) с увеличением площади водосбора $(F+1)^n$, где n принимается равным $1/4$. В формуле учитываются: озерность, заболоченность и лесистость, снижающие величину максимального стока.

Весьма простую формулу для подсчета модулей максимального стока весеннего половодья предложили Л. К. Давыдов и Г. В. Бачурин. В этой формуле наряду с площадью водосбора и районными параметрами, установленными опытным путем, учитывается суммарная длина речной сети для данного водосбора.

При выборе расчетной формулы обязательными требованиями являются: наиболее полное отражение в формуле физико-географических факторов, определяющих величину максимального расхода воды, и простота вычисления этих расходов. За расчетную формулу максимальных расходов неизученных безозерных водотоков нами принята формула Л. Т. Федорова:

$$q_{\text{д/сек} \cdot \text{км}^2} = \frac{2,5 ABC}{\sqrt[8]{F V \bar{f}_1 \cdot f_2}},$$

где q — средний максимальный модуль стока; A — средний слой стока половодья в мм, определяемый по рекам-аналогам, согласно данным табл. 19. Худшие результаты получаются в случае определения значения A по схематической карте изолиний,

Таблица 19

Слой стока весеннего половодья

Река—пункт	Средняя продолжительность половодья в днях	Слой стока, мм
Сухона—д. Рабаньга		157
Сухона—д. Каликино	68	147
Свидь—д. Горки	85	164
Кубена—с. Троице-Енальское	50	162
Юг—с. Подосиновец	57	140
Юг—д. Гаврино	57	155
Вага—д. Филиевская	66	155
Кокшеньга—д. Моисеевская	61	153
Колпь—д. Верхний Двор	79	140
Андога—хут. Ольховец	59	114
Суда—д. Куракино	68	127
Суда—с. Борисово-Судское	46	125
Чагодаща—д. Анисимово	48	102
Молога—д. Овинчищи	85	140
Молога—г. Устюжна	60	111
Ворон—д. Ямышево	33	114
Ковжа—д. Шумпино	42	214
Кема—д. Левково	57	163

приведенной в работе Л. Т. Федорова (1949); B — геоморфологический параметр, равный для Вологодской области 1; C — параметр для учета влияния неодновременности и направления фронта снеготаяния, определяемой по таблице (Федоров, 1949) в зависимости от разности дат перехода температуры воздуха

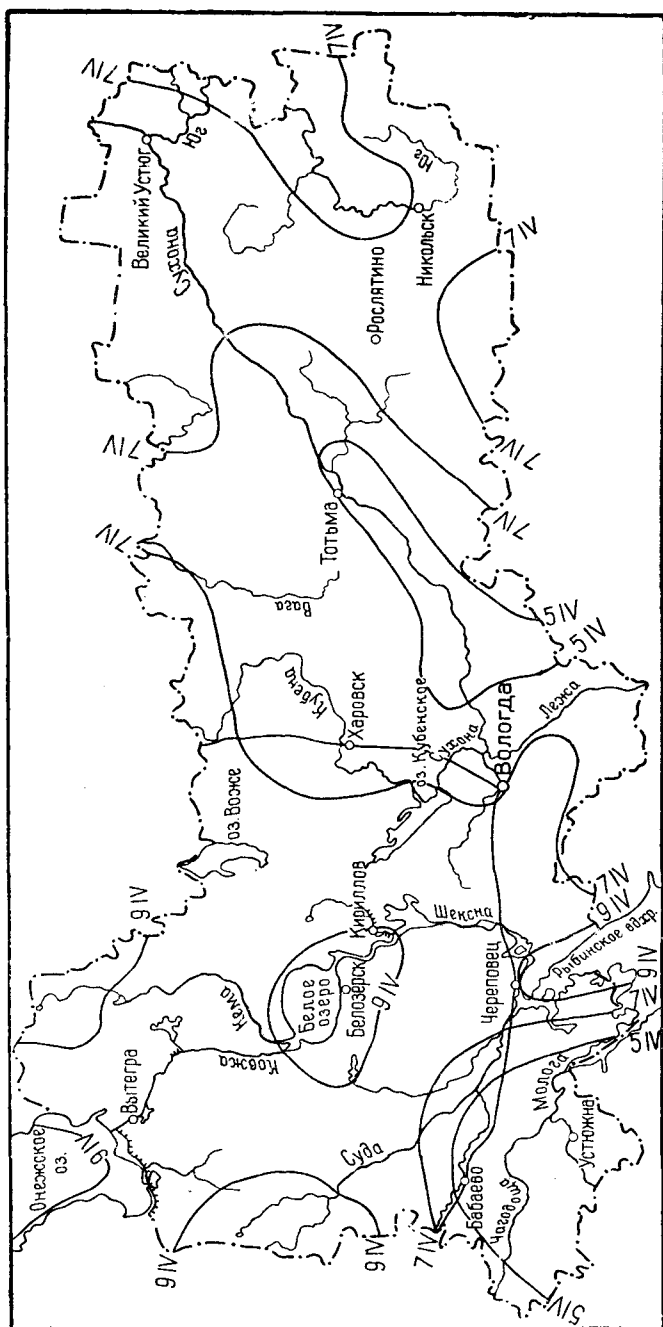


Рис. 16. Даты перехода средней суточной температуры воздуха через 0° в весенний период (карта составлена А. И. Овчинниковой).

через 0° для всего бассейна и для расчетного створа. Разность этих дат находится по прилагаемой карте (рис. 16), составленной для Вологодской области А. И. Овчинниковой; f_1 — коэффициент, определяемый в зависимости от залесенности водосбора и состава насаждений; f_2 — коэффициент учета заболоченности.³

Одновременно максимальные модули стока были подсчитаны по формуле Л. К. Давыдова и Г. В. Бачурина:

$$M_{\text{макс}} = K \frac{(\Sigma L)^m}{\sqrt[4]{F+1}},$$

где ΣL — суммарная длина речной сети для данного водосбора; m и K — районные коэффициенты, устанавливаемые опытным путем. Г. В. Бачурин (1959) в формулу ввел также коэффициент озерности, уменьшающий максимум половодья; значение этого коэффициента снимается с графика. Общая протяженность рек (ΣL) по бассейнам определялась путем суммирования всех рек длиной до 2 км, подсчитанного Северным и Московским управлениями гидрометеорологической службы. Для ряда рек эти данные приведены в табл. 20.

Суммарная длина речной сети, естественно, отражает влияние местных ландшафтных факторов (характер рельефа и связанные с ним уклоны поверхности, заболоченность, залесенность и пр.), которые определяют время добегания талых вод до замыкающего створа. При прочих равных условиях скорость добегания до замыкающего створа будет тем меньше, а пик половодья тем выше, чем больше густота речной сети.

Проведенная проверка показывает, что вышеуказанные методы расчета в большинстве случаев позволяют определить максимальные расходы талых вод с допускаемой ошибкой $\pm 14\%$. По формуле Л. Т. Федорова, с учетом вычисленных нами для Вологодской области параметров A , C , а также заболоченности и залесенности, отклонение полученных максимумов 1 и 5% обеспеченности от подсчитанных статистическим методом по фактическим рядам наблюдений⁴ составляет ± 0 — 12% , по формуле Л. К. Давыдова и Г. В. Бачурина $+2,5$ — $14,0\%$. Соотношение вычисленных и фактических расходов воды приведено в табл. 21.

³ Для перехода к максимумам других обеспеченностей рекомендуется применять метод кривых обеспеченностей с определением коэффициента вариации по формуле:

$$C_v = \frac{33}{A^{0,78} F^{0,07}}.$$

⁴ Для принятых к обработке пунктов подсчитаны величины средних максимальных расходов (модулей) и коэффициентов изменчивости (C_v). По этим параметрам при $C_v = 2C_s$ определены величины максимальных расходов и модулей стока 1 и 5% обеспеченности.

Суммарная длина рек и количество малых водотоков

Река—пункт	Общая длина рек > 10 км**	Общее коли- чество рек длиной < 10 км	Общая длина рек < 10 км
Сухона*—д. Рабаньга	3369	1447	3197
Сухона—д. Камчуга	9417	4605	9680
Сухона—д. Каликино	12222	5879	12487
Сухона—д. Гремячево	12479	6057	12823
Юг—с. Подосиновец	4042	4349	7745
Юг—д. Гаврино	9227	8387	15289
Вага—д. Филяевская	3104	1447	3194
Кокшеньга—д. Мойсеевская	1148	810	1595
Суда—с. Борисово-Судское	375	114	316
Суда—д. Куракино	781	240	652
Суда—д. Нелазский перевоз	2499	767	1874
Колпь—д. Верхний Двор	566	205	508
Ворон—д. Ямышево	31	32	50
Андога—хут. Ольховец	305	82	195
Шексна—с. Крохино	2022	774	1988
Шексна—д. Черная Гряда	2883	1042	2795
Ковжа—д. Шулепино	152	76	232
Кема—д. Левково	670	205	576
Молога—г. Устюжна	5650	2478	5229

* Для р. Сухоны в подсчет длин рек включены также и реки оз. Кубенское.

** В длины рек включена и сама река протяжением от истока до створа.

Отметим, что при применении географических параметров, изображенных Л. Т. Федоровым в виде картограмм, при подсчетах максимального стока отклонения вычисленных расходов от фактических достигают 40% и более. Очевидно, картограммы географических параметров, судя по нашим данным, нуждаются для территории Вологодской области в уточнении. Кроме того, определение слоя весеннего стока по мелкомасштабным картам в значительной степени субъективно, и поэтому лучшие результаты при расчетах максимальных расходов весеннего половодья на неизученных реках получаются при использовании слоя стока реки-аналога.

Дождевые паводки

Дождевые паводки на реках Вологодской области, как уже отмечалось выше, имеют подчиненное значение по сравнению со снеговым половодьем, что объясняется значительными потерями дождевых осадков. Потери дождевого стока складываются из потерь на инфильтрацию воды в почву, на аккумуляцию в неровностях поверхности бассейна и на испарение.

Наблюденные и вычисленные максимальные расходы воды

Река—пункт	Наблюден- ный макси- мальный		Средний макси- мальный M за период наблюде- ний, л/сек	Модули стока, вычисленные						Отклонение от нормы			
				по кривой обеспечен- ности		по Л. Т. Фе- дорову		по Л. К. Да- выдову, Г. В. Бачу- рину		по Л. Т. Федо- рову		по Л. К. Да- выдову, Г. В. Бачурину	
	Q , м ³ /сек	M , л/сек · км ²		1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%
Сухона—д. Рабаньга . . .	925	59,9	33,7	56,5	48,8	58,6	50,8	60,2	50,0	+3,7	+4,0	+6,5	+2,5
Сухона—д. Гремячево . .	5880	117,3	65,1	119	100	128	108	129	108	+7,5	+8,0	+8,4	+8,0
Юг—с. Подосиновец . . .	2100	138,1	81,1	169	140	153	127	174	145	—9,5	—9,4	+3,0	+3,6
Вага—д. Филяевская . . .	1740	131,8	77,1	152	126	150	126	170	140	—1,4	0,0	+11,8	+11,1
Суда—с. Борисово-Судское	310	127,0	82,8	—	—	136	111	142	121	—	—	—	—
Суда—д. Куракино	623	125,8	71,1	—	152	123	100	147	114	—	—	—	—
Коль—д. Верхний Двор .	579	183,2	86,1	182	—	171	135	204	162	—6,1	—11,3	+12,0	+6,5
Ворон—д. Ямышьево . . .	108	387,0	205	—	—	195	151	258	188				
Кема—д. Левково	554	133,0	90,1	—	108	164	140	173	133				
Молога—г. Устюжна . . .	2250	116,0	58,9	134		118	96,7	153	120	—12,0	—10,6	+14,0	+11,1

Потери на испарение, при сравнительно небольшой продолжительности дождевого стока и относительно большой влажности воздуха, судя по микроклиматическим наблюдениям А. И. Овчинниковой, составляют весьма малую величину (до 5% от суммы дождевых осадков за отдельный дождь). Что касается потерь на аккумуляцию в неровностях поверхности бассейна, то в случае заполнения водой максимальной емкости микрозападин их можно принять за величину постоянную. Таким образом, потери дождевого стока в основном определяются инфильтрационными свойствами почво-грунтов.

Большая часть водосборных бассейнов рек Вологодской области сильно залесена; залесенность — до 60—70%, преобладают хвойные леса. Лесные почвы отличаются значительной водопроницаемостью, которая обусловлена наряду с относительно легким механическим составом почв наличием лесной подстилки и трубчатых пор. В период выпадения даже интенсивных дождей поверхностный сток в лесу отсутствует. В подтверждение сказанному приведем данные результатов наших опытов на Карельском перешейке. На лесной площадке с мощностью подстилки 5—6 см и влажностью менее 40% при искусственном дождевании солоноватой водой в течение 6 часов поверхностного стока не наблюдалось; прибором — мостиком Витстона — зафиксировано вертикальное просачивание до глубины 40 см и горизонтальное растекание воды за пределы площадки на расстоянии 3 м и до глубины 20 см от поверхности. В случае выпадения ливневых осадков на переувлажненные лесные почвы образуется сток на минеральном грунте, ниже подстилки.

Резкое снижение инфильтрации наблюдается на необлесенных территориях, и как следствие здесь создаются наиболее благоприятные условия для формирования поверхностного — ливневого стока. Необлесенные территории занимают, как правило, не более 40% площади водосбора. Все эти факторы обуславливают пониженные максимальные расходы и уровни дождевых паводков в пределах рассматриваемой области, которые, как правило, ниже катастрофических расходов и уровней половодья. Однако в некоторые годы расходы, вызванные дождями, имеют существенное значение, превышая максимальные расходы весеннего половодья данного года. В качестве примера в табл. 22 приведены величины летне-осенних паводочных расходов воды за отдельные годы.

Особенно частые и интенсивные дождевые паводки наблюдаются в пределах центральной и восточной частей области и, реже, в западной. Подобное явление объясняется не изменениями интенсивности осадков, а условиями стока, определяемыми степенью залесенности, заболоченности, литологическими свойствами слагающих пород и характером рельефа водосборного бассейна. В центральном и восточном районах широко раз-

вит расчлененный рельеф, сложенный слабодопроницаемыми суглинками; в западном районе преобладает равнинный, часто заболоченный тип рельефа с развитыми явлениями карста, способствующими аккумуляции дождевых осадков.

Т а б л и ц а 22

Годы с наибольшими летними и осенними расходами воды

Река—пункт	Год	Наибольший весенний Q , $\text{м}^3/\text{сек}$	Наибольший лет- ний или осенний Q , $\text{м}^3/\text{сек}$
Сухона—д. Рабаньга	1954	145 30 IV	159 26—30 VIII
Юг—с. Подосиновец	1950	684 28 IV	811 20 VII
То же	1952	1360 30 IV	1410 8 X
Вага—д. Филяевская	1945	514 21 V	523 23 VI
Чагодоша—д. Анисимово	1942	137 25 IV	143 3 VIII

Дождевые паводки в рассматриваемой области наблюдаются в летний и осенний сезоны. Летние паводки — это нарушение межени, осенние — фаза водного режима рек. Повторяемость осенних паводков — 80—85%. Летние паводки отличаются большей интенсивностью нарастания, однако по величине расходов воды они в большинстве случаев уступают осенним. Летние паводки вызываются обычно интенсивными, часто ливневыми осадками, а осенние — обложными дождями. Осенние паводки, как правило, продолжительнее летних и достигают временами 60—70 дней. Сведения о наибольших значениях летних и осенних паводков приведены в табл. 23.

К числу дождевых лет с наиболее высокими паводками относятся 1938, 1942, 1944, 1951, 1952, 1953 и 1955 гг. Несмотря на разнородность рядов наблюдений, наиболее дождливые годы, по-видимому, охвачены повсеместно. Наибольшая продолжительность летне-осенних паводков — более 120 дней и наименьшая — до 20 дней.

Наибольшие модули стока зарегистрированы в наиболее расчлененной центральной и восточной частях области; на рр. Кубене у с. Троице-Енальское — 93,3 л/сек и Юг у с. Подосиновец — 92,2 л/сек. Низкие модули дождевого стока наблюдаются на зарегулированных реках, где дождевые паводки срезаются озерами-водохранилищами. Примером могут служить рр. Шексна с модулем максимального дождевого стока 15,7 л/сек·км², Свидь у д. Горки — 23,8 л/сек·км² и Сухона у д. Рабаньги — 33,8 л/сек·км². Некоторое увеличение модуля дождевого стока по р. Сухоне у г. Тотьмы несмотря на увеличение площади водосбора обусловлено тем, что регулирующая роль плотины Знаменитой здесь уже не сказывается.

Наибольшие летние и осенние расходы воды

Река—пункт	Наибольший летний			Наибольший осенний		
	Q, м ³ /сек	Дата	M, л/сек·к.м ²	Q, м ³ /сек	Дата	M, л/сек·к.м ²
Свидь—д. Горки	125	19 VII 1951	23,8	90,0	21 X 1953	17,2
Сухона—д. Рабанга	524	4 VII 1955	33,8	408	27—31 X 1916	26,3
То же—г. Тотьма	1640	25 VI 1938	47,1	1040	9 X 1953	29,8
„ —д. Каликино	1800	9 VII 1952	36,6	1730	10 X 1953	35,2
Кубена—с. Троице-Енальское	103	15 VI 1942	92,8	104	11 X 1947	93,3
Юг—с. Подосиновец	1190	10 VII 1952	78,2	1410	8 X 1952	92,2
То же—д. Гаврино	1700	17 VI 1940	48,8	2000	9 X 1952	57,5
Вага—д. Фляевская	670	16 VI 1944	50,8	544	11 X 1947	41,2
Кокшеньга—д. Моисеевская	190	10 VII 1952	42,8	223	3 X 1952	50,2
Молога—г. Устюжна	462	4 VIII 1942	23,8	526	14 X 1953	27,2
Кобожка—д. Мошеник	47,1	12 VI 1951	19,1	76,4	26 X 1952	31,0
Суда—д. Куракино	253	14 VI 1955	58,0	209	2 XI 1935	47,8
Колпь—д. Верхний Двор	111	4 VIII 1942	35,2	180	30 X 1955	57,0
Анога—хут. Ольховец	87,1	12 VIII 1928	41,9	101	28 XI 1928	48,5
Шексна—д. Черная Гряда	265	22 V 1942	14,4	290	9 X 1945	15,7
Кема—д. Левково	115	1 VII 1948	27,6	115	29 X 1948	27,6
Чатодоша—д. Анисимово	114	28 VI 1952	42,0	94,6	2 XI 1935	34,8

Пониженные модули дождевого стока наблюдаются также на реках с сильно заболоченными бассейнами и бассейнами, на которых развиты карстовые явления. Модули стока на таких реках не превышают 57,0—27,6 л/сек·км² (Кобожа, Кема и др.). На малых незаболоченных или слабозаболоченных и слабозалесенных реках (Шорга, Луженьга и др.) максимальные модули дождевых паводков могут достигать 200 л/сек·км² и более.

Произведенные исследования формирования ряда дождевых паводков на реках области показали, что на величину летних и осенних наибольших паводков значительное влияние оказывает положение уровня грунтовых вод и величина их стока. Ливневые осадки, выпавшие на достаточно увлажненный водосбор, когда потери на просачивание наименьшие, дают наибольшие величины стока (Юг — 1952 г., Вага — 1944 г., Суда — 1955 г., Кубена — 1942 г. и др.). Кроме того, величина подъема дождевого стока в значительной степени определяется и величиной предпаводочного стока, не зависящего от данного выпадения осадков. «Эта часть стока сформирована осадками более раннего происхождения, но благодаря регулируемому влиянию подземных и русловых объемов в бассейне утратила с ними связь и стекает согласно закономерности истощения» (М. И. Гуревич, 1957). Естественно, что чем выше величина этого стока, тем, при прочих равных условиях, будет выше пик дождевого паводка, накладывающегося на относительно высокие расходы воды.

На малых разветвленных реках формирование максимального дождевого стока определяется, вследствие более быстрого истощения запасов влаги в водосборе и меньшей регулирующей способности поверхности водосбора, в значительной степени величиной разовых осадков (Шорга, Явенга, Нижняя Ёрга и др.). Это позволяет для расчета дождевых максимальных расходов воды неисследованных или слабоисследованных малых водотоков впредь до накопления материалов наблюдений пользоваться простейшим способом. В поле устанавливаются метки высоких вод и производятся промеры глубин русла до этой метки. Затем определяется площадь живого сечения (W), и для полученной площади (W) данной реки вычисляется по формуле Шези скорость течения (v) ($v = C\sqrt{Ri}$). Расход воды определяется как произведение принятой площади живого сечения на соответствующую скорость течения:

$$Q = W \cdot C \sqrt{Hi},$$

где Q — расход воды в м³/сек; W — площадь живого сечения в м²; H — средняя глубина, которая принимается вместо фигурирующего в формуле Шези гидравлического радиуса R ; i — уклон потока; C — коэффициент сопротивления, определяемый по формулам

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\alpha}{\sqrt{\gamma}}}$$

или Манинга

$$C = \frac{1}{n} H^{1/6}.$$

Коэффициенты шероховатости γ и n определяются по классификации Срибного, имеющейся в различных справочниках. Подобные расчеты произведены для рр. Нижней Ёрги, Стриги и Удимы.

Путем полевых исследований по рр. Нижней Ёрге, Стриге и Удиму в июле 1958 г. были установлены метки высоких вод дождевого паводка, прошедшего 30 июня, определены площади живого сечения и уклон водного потока. Последний определялся по современному урезу воды. Далее по вышеприведенным формулам определены максимальные значения расходов воды ливневого паводка. Максимальный вычисленный модуль стока составлял по р. Нижней Ёрге 195 л/сек · км², Стриге — 240 л/сек · км² и Удиму — 210 л/сек · км². Приведенные данные свидетельствуют о том, что в пределах области на малых водотоках изредка могут наблюдаться значительные дождевые паводки, которые следует учитывать при строительстве мельничных установок и расчете отверстий дорожных искусственных сооружений.

ГЛАВА IX

МИНИМАЛЬНЫЙ СТОК

Величина минимального стока является одной из существенных характеристик речного стока, имеющей особо важное значение при обеспечении планирования работы речного транспорта и гидротехнических сооружений.

Определение величин минимальных расходов обычно производится по кривой зависимости расходов от уровней, интерполированной в своей нижней части, до наименьших наблюдаемых уровней, но, как правило, не подтвержденной фактическими измеренными расходами. Поэтому наряду с значениями суточных минимумов, которые до некоторой степени могут быть случайными и зависящими от методики их определения, в табл. 24 приведены и наименьшие средние месячные расходы. Последние отличаются большей устойчивостью.

Минимальные суточные и среднemesячные расходы и модули за период летней и осенней межени

Река—пункт	Период наблюдений	Площадь водосбора, км ²	Суточные минимальные			Среднemesячные минимальные		
			Q, м ³ /сек	Дата	M, л/сек · км ²	Q, м ³ /сек	Дата	M, л/сек · км ²
Свндь—д. Горки	1927—1955	5240	6,9	7 X 1949	1,32	12,5	II 1947	2,38
Сухона—д. Рабаныа	1880—1920	15500	3,7	4 X 1920	0,24	6,5	I 1950	0,42
	1922—1936							
	1943—1945							
	1954—1955							
То же—д. Камчуга	1890—1906*	38700	9,3	5 IV 1898	0,24	12,3	III 1898	0,31
	1909—1935							
" —д. Гремячево	1915—1951	50100	31,1	3 IX 1898	0,62	20,7	II 1950	0,41
" —д. Каликино	1938—1942	49200	17,6	3—7 III 1950	0,36	21,6	II—III 1950	0,43
	1944—1955							
Ема—д. Новое	1946—1955	179	0,003	21—24 VII 1947	0,02	0,007	VII 1947	0,04
Кубена—с. Тронце-Енальское .	1937—1944	1110	0,32	II IX 1949	0,29	0,40	II 1937*	0,36
	1947—1955							
Юг—с. Подосиновец	1931—1955	15200	11,2	21 22 XII 1937	0,73	12,2	I 1938	0,80
То же—д. Гаврино	1936—1955	34800	29,3	12 XI 1949	0,84	42,1	I 1950	1,21
Вага—д. Филеевская	1938—1955	13200	12,0	13—14 I 1950	0,91	13,9	I 1950	1,05
Кокшеньга—д. Монсеевская .	1936—1955	4410	1,58	20 VIII 1937	0,36	1,99	VIII 1937	0,45
Молога—г. Устюжна	1934—1955	19400	7,82	7—8 IX 1938	0,40	9,67	IX 1938	0,50
Суда—д. Куракино	1935—1955	4950	6,14	26 VIII 1948	1,24	7,56	VIII 1948	1,53
Колпь—д. Верхний Двор . . .	1935—1937	3160	3,02	13 14 XI 1951	0,96	3,79	III 1942	1,20
	1939—1955							
Андога—хут. Ольховец . . .	1925—1955	2080	1,00	22 IX 1940	0,48	1,64	XII 1939	0,79
Шексна—д. Черная Гряда . .	1940—1943	18400	2,56	15 IV 1940	0,14	6,53	III 1951	0,35
	1950—1955							
Кема—д. Левково	1947—1954	4160	7,31	6 II 1950	1,75	8,20	II 1950	1,97
Кобожа—д. Мошеник	1936—1955	2460	0,50	19 XII 1939	0,20	0,94	XII 1939	0,38

* Приведены к многолетнему ряду по наблюдениям р. Сухоны у д. Рабаныа.

Данные по минимальному стоку, несмотря на различие продолжительности периодов наблюдений, по-видимому, достаточно близки к возможным минимумам, так как наблюдениями повсеместно охвачены маловодные годы. Сказанное хорошо подтверждается данными по р. Сухоне и Мал. Северной Двине, на которых изменение месячных минимальных модулей стока, несмотря на различную длительность рядов наблюдений, хорошо согласуется по длине реки. С возрастанием площади водосборов модули минимального стока возрастают, изменяясь от 0,31 (Сухона у д. Камчуги) до 0,77 л/сек · км² (Мал. Северная Двина у Красной Горки). Это также позволяет считать приведенные данные достаточно надежными.

Минимальные значения расходов воды рек Вологодской области приходится на период, когда поверхностный сток прекращается и реки переходят на грунтовое и частично подземное питание. Минимальные месячные расходы воды обычно наблюдаются в конце зимнего периода, когда истощаются запасы грунтовых вод. Суточные минимумы местами приходится на летнюю, реже осеннюю межень. Величина месячных минимальных модулей изменяется по рекам, охваченным наблюдениями от 0,04 до 2,38 л/сек · км².

Различие в величинах минимальных модулей обусловливается, естественно, факторами, определяющими величину питания подземных вод и условиями передачи накопленных запасов этих вод в реки. Геологические и почвенные условия, характер рельефа в сочетании с климатом определяют запасы подземных вод, т. е. водообильность водоносных пластов, тогда как глубина и частота эрозионного вреза долин и русел рек обуславливают величину поступающего подземного стока в реки. Общеизвестно, что существенное влияние на величину минимального стока рек, при прочих равных условиях, оказывает также площадь водосбора, озерность и заболоченность, увеличивающие модуль минимального стока. Между модулями минимального стока и площадью бассейна для рек с одинаковыми гидрогеологическими условиями существует относительно удовлетворительная зависимость (рис. 17).

Наибольшие значения минимальных месячных модулей стока наблюдаются на реках западной части области (Суда, Колпь, Андога, Кема), где они составляют 0,79—1,97 л/сек · км². Это объясняется водообильностью дренируемых коренных пород, представленных трещиноватыми, в различной степени закарстованными известняками отложений карбона, которые играют роль своеобразных подземных водохранилищ. Эти породы местами весьма водообильны, из них выклинивается в реки большое число восходящих источников со значительными расходами, измеряемыми десятками, а в некоторых случаях даже сотнями литров в секунду (бассейны рр. Андоги, Суды). Повышенному меженному стоку способствует на реках запад-

ной части области и значительная заболоченность бассейнов, а также широкое развитие верховодки, приуроченной к озерно-ледниковым отложениям Молого-Судской низины.

Некоторое исключение в западной части области составляет р. Шексна, где пониженный модуль стока ($0,35 \text{ л/сек} \cdot \text{км}^2$) обусловлен искусственным регулированием оз. Белого.

Другие условия формирования минимального стока отмечаются в центральной части области. Неблагоприятные гидрогеологические условия обуславливают здесь малые модули минимального стока $0,04—0,43 \text{ л/сек} \cdot \text{км}^2$. Некоторое исключение в этом отношении составляет р. Свидь, минимальный месячный расход воды которой равен $2,38 \text{ м}^3/\text{сек}$, что обусловлено регулирующим влиянием оз. Воже. Повышенные модули минимального стока наблюдаются также на рр. Ваге, Юге и Мал. Северной Двине ($0,76—1,21 \text{ л/сек} \cdot \text{км}^2$), это стоит в связи с широким развитием аллювиальных грунтовых вод, питающих реки в межень.

Таким образом, изменение величин минимального стока по территории области тесно связано с гидрогеологическими условиями: наибольшие величины стока наблюдаются в западной части, несколько меньшие — в восточной и наименьшие — в центральной части области. Выделенные А. М. Норватовым (1956) районы минимального стока в пределах области не соответствуют действительности. Объединив территории с повышенным и пониженным стоком, автор разделил территорию на два района — западный и восточный. Недостаточность материала привела к неправильному выводу о том, что восточная часть Вологодской области отличается более повышенными модулями минимального стока, чем западная.

В заключение следует отметить, что в пределах области величины минимального стока не опускаются до нулевых значений; реки не пересыхают и не промерзают. Исключение составляют незначительные водотоки с очень малым эрозионным врезом долины и русла, которые зимой перемерзают. Изменчивость зимнего минимального стока в общем незначительная; коэффициенты вариации — порядка $0,10—0,15$, реже $0,20$.

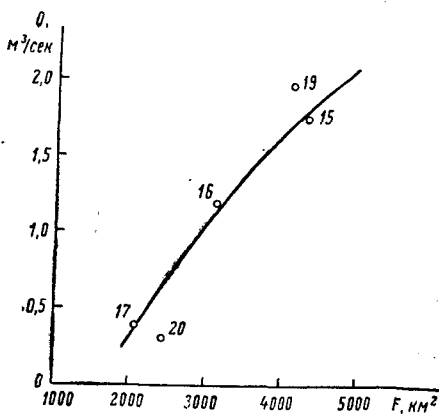


Рис. 17. Зависимость минимального месячного стока от площади водосбора (номера рек соответствуют данным табл. 24).

ГЛАВА X

ЛЕДОВЫЙ РЕЖИМ

С понижением температуры воздуха ниже 0° на реках и озерах образуется ледяной покров, и они вступают в фазу зимнего режима. Зимний период жизни рек и озер может быть разделен на три характерных периода: замерзание, ледостав и вскрытие.

Сроки замерзания и вскрытия рек зависят, как известно, от синоптических условий. Наиболее раннее замерзание рек Вологодской области бывает при господстве осенью северной и северо-восточной циркуляции воздушных масс и в поздние сроки — при господстве западного переноса воздушных масс.¹ Наиболее раннее вскрытие рек наблюдается при господстве в апреле широтного переноса воздушных масс — западного или переменного-западного и восточного; наиболее позднее — при северо-восточном типе циркуляции. Средние сроки вскрытия бывают обычно при неустойчивых типах циркуляции (W, E, E+W, C+W и др.). Сроки наступления ледовых фаз на реках Вологодской области изменяются в общем в широтном направлении; наиболее ранние ледовые явления начинаются на реках северной части области и более поздние — южной. На большей части рек ледовые явления начинаются с появления сала, которое наблюдается в среднем в двадцатых числах октября. Местами на порожистых участках образуется внутриводный лед (донный лед).

Осенний ледоход на реках северной части области начинается в среднем в конце октября, в более южных — в начале ноября. Наиболее раннее начало осеннего ледохода на всей территории наблюдается между 12 X—16 X и наиболее позднее — 24 XI—29 XI. Средняя продолжительность осеннего ледохода на больших реках области (Сухона, Шексна, Юг, Молога) 5—6 дней, наибольшая — до 36 дней и наименьшая — 1 день. На малых реках продолжительность осеннего ледохода в среднем 1—2 дня. Во время прохождения осеннего ледохода на порожистых участках обычно образуются заторы льда (Шексна у с. Иванов Бор, Сухона у д. Порог и др.). На озерах Кубенское, Воже осеннего ледохода часто не наблюдается, и замерзание происходит без ледохода.

Устойчивый ледостав на реках области наступает в среднем с 8—15 XI. Как правило, в первую очередь замерзают реки с небольшими площадями водосборов. Исключение составляют малые реки, питающиеся преимущественно подземными водами; примером может служить р. Бобровка (правый приток р. Сухоны), которая на значительном протяжении совершенно не замерзает. Большие реки замерзают после 20—28 XI, значи-

¹ Классификация воздушных масс заимствована из работы Г. Я. Вангенгейма, 1952.

тельное влияние на сроки замерзания их оказывают скорости течения. Участки с большими скоростями течения замерзают, как правило, позднее; например, р. Сухона у д. Порог замерзает в среднем на две недели позднее по сравнению с верхним и устьевым участками. Устойчивый ледостав на озерах Кубенском и Воже наблюдается в среднем 3—6 XI, а на оз. Белом — 9—10 XI. Отметим, что на оз. Кубенском, почти ежегодно через несколько дней после его замерзания в ледяном покрове появляются продольные трещины, сохраняющиеся до весны.

В годы с затяжной осенью ледостав устанавливается значительно позже средних сроков — в декабре. При раннем наступлении зимы ледостав может установиться в течение октября.

Средняя продолжительность устойчивого ледостава на малых реках в среднем составляет 150—160 дней и на больших реках области — до 165 дней, а на озерах — до 184 дней. Продолжительность ледостава различной обеспеченности во времени на судоходных реках области приведена в табл. 25.

Таблица 25

Продолжительность устойчивого ледостава различной обеспеченности в днях

Река—пункт	Наблюденная		Обеспеченность, %				
	наибольшая	наименьшая	10	25	50	75	90
Шексна—д. Иванов Бор	183	102	180	155	145	135	120
Сухона—д. Наремы	190	127	179	169	160	149	138
Сухона—г. Тотыма	182	106	170	156	146	132	122
Сухона—д. Порог	174	127	165	153	143	132	129
Сухона—г. Великий Устюг	188	139	—	174	159	150	—

Обращает на себя внимание различная продолжительность ледостава по длине р. Сухоны, которая обусловлена чисто местными причинами и связана с повышенными скоростями течения или обильным подтоком подземных вод. Так, наименьшая продолжительность ледостава наблюдается у д. Порог, где отмечаются наибольшие скорости течения, и, наоборот, у с. Наремы, где скорости воды незначительные, наблюдается наибольшая продолжительность ледостава. Однако в многоводные суровые годы, когда пороги покрыты мощным слоем воды, замерзание по всей долине р. Сухоны происходит одновременно и продолжительность ледостава одна и та же.

Наибольшей толщины ледяной покров достигает в феврале—марте, когда средняя наибольшая толщина льда на реках достигает 50—70 см. Исключение составляют участки рек, где сбра-

сываются сточные промышленные воды (р. Сухона у г. Сокола) и участки с обильным подтоком грунтовых вод (р. Колпь у д. Торопово). На таких участках средняя наибольшая толщина ледяного покрова снижается до 36—38 см.

Вскрытие рек и озер происходит обычно дружно; средние многолетние сроки вскрытия приходятся на 20—28 IV, на слабо-зарегулированных озерах (Воже, Белое) — на 2—5 V. Наиболее ранние сроки вскрытия рек и озер наблюдаются с 29 III по 17 IV и наиболее поздние — с 24 IV по 28 V.

Лед в пределах области разрушается под действием всех источников тепла, поступающих из атмосферы: за счет тепла, принесенного воздушными массами (адвективного), радиационного и под действием тепловых дождевых вод, а также в значительной степени под действием механической энергии потока.

Таблица 26.

Продолжительность весеннего ледохода различной обеспеченности в днях

Река—пункт	Наблюденная		Обеспеченность, %				
	наибольшая	наименьшая	10	25	50	75	90
Шексна—д. Иванов Бор . . .	21	1	14	7	6	3	2
Сухона—д. Наремы	7	2	6	5	5	3	2
Сухона—г. Тотьма	10	1	9	8	7	5	4
Сухона—д. Порог	13	2	8	6	5	4	3
Сухона—д. Великий Устюг . .	9	2	—	6	4	3	—

Характер и продолжительность вскрытия рек и озер существенно зависят от многоводности половодья и интенсивности весеннего стока. В многоводные весны вскрытие рек происходит быстро, под действием резкого подъема уровней и значительной скорости течения воды. В такие годы продолжительность весеннего ледохода по судоходным рекам области (Сухоне и Шексне) составляет 1—2 дня. Ледоход проходит обычно при высоких уровнях. Максимальный уровень весеннего ледохода близок или совпадает с максимальным годовым. Во время весеннего ледохода на р. Сухоне у д. Порог и р. Шексне у д. Иванов Бор часты заторы льда.

Средняя продолжительность весеннего ледохода составляет на больших реках области 4—7 дней, на малых — 1—2 дня. При затяжной весне с возвратами холодов продолжительность весеннего ледохода затягивается до 21 дня. Сведения о продолжительности весеннего ледохода различной обеспеченности по судоходным рекам области приведены в табл. 26.

Весенний ледоход в многоводные годы при дружной весне носит на рр. Сухоне и Шексне бурный характер: вдоль берегов нагромождаются ледяные валы более 1 м высотой. На озерах Кубенском и Воже лед почти не выносится из озер и тает на месте.

ГЛАВА XI

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Водный транспорт. Водные пути всегда играли большую роль в жизни Вологодской области. С незапамятных времен русский человек широко пользуется реками и озерами как путями сообщения. До развития железнодорожного транспорта реки и озера были основными путями передвижения массовых грузов. Развитие водного транспорта здесь было обусловлено не только наличием водотоков, относящихся к бассейнам Балтийского, Каспийского и Белого морей, но и созданием в начале XVII века поблизости от Вологодской области нового промышленного и торгового центра — г. Санкт-Петербурга, являвшегося в течение более 200 лет столицей государства. Бурный промышленный рост столицы требовал дополнительных водных путей сообщения, связывающих его с бассейном Волги. В связи с этим встала необходимость более совершенного использования гидрографической сети Вологодской области: замены волоков каналами и соединения в единое целое разобщенных речных бассейнов.

В 1799 г. вступил в строй Волго-Балтийский водный путь (б. Мариинская система). Эта система включала в себя как естественные, так и шлюзованные реки и озера. Трасса этого пути: Шексна—Белозерский канал—Ковжа—Мариинский канал через водораздел — нижнее течение Вытегры, Онежский канал, далее за пределами Вологодской области Свирь, Ладожский канал—Нева. Общее протяжение Балтийского водного пути составляет более 1100 км. Указанная водная система неоднократно как до революции, так и в советское время подвергалась некоторому переустройству. На Свири сооружены два гидроузла и проведены работы по углублению рр. Свири и Невы, что обеспечило те же судоходные глубины, что и на Волге. Однако часть Волго-Балтийского водного пути — от Рыбинского водохранилища до Онежского озера — оставалась неблагоустроенной. На бывшей Мариинской системе было 38 малогабаритных шлюзов, из них 34 деревянных. Из дерева было построено также большинство плотин и водопусков. Деревянные сооружения пришли в состояние крайней ветхости. Мариин-

ская система в целом совершенно не соответствовала современным требованиям.

В период 1961—1964 гг. произведена коренная реконструкция водного пути от Онежского озера до города Череповца, являющегося важнейшим звеном всей указанной системы. Этот основной участок водного пути носит название Волгобалт; строительство этого канала завершено в 1964 г.

Современная реконструкция Волго-Балтийского водного пути имеет целью создание трассы судового хода между Онежским озером и Рыбинским водохранилищем, являющегося частью единой глубоководной транспортной системы в Европейской части СССР. С постройкой Волго-Балтийского канала большегрузные баржи и суда волжского типа стали проходить транзитом по маршрутам Ленинград—Москва—Балтийское—Каспийское моря, Ленинград—Ростов-на-Дону.

Волго-Балтийский канал является одним из крупнейших в мире гидротехнических сооружений, его длина 361 км (в 4,5 раза превышает длину Панамского и в 2 раза Суэцкого каналов). На трассе канала вместо 38 шлюзов построено 7 современных шлюзов с камерами, возведено 5 плотин, 20 напорных дамб, 4 водосброса, из них 3 с электростанциями (Садовский, 1964).

Волго-Балтийский водный путь разделяется на северный и южный склоны с водораздельным бьефом между ними. В состав северного склона, где водный путь преодолевает падение 87,5 м, входят: Вытегорский, Белоусовский, Новинкинский и Пахомовский гидроузлы. В южный склон входит р. Ковжа, Белое озеро и р. Шексна. Падение южного склона составляет 9,7 м.

Для питания северного склона Волго-Балтийского водного пути создано Ковжинское водохранилище, образуемое за счет подпора вод Ковжинского озера. Ковжинское водохранилище задерживает значительную часть весеннего стока, что обусловило уменьшение максимальных расходов, уменьшение уклонов и скоростей течения. Кроме того, для восполнения расхода воды на шлюзование северного склона предусматривается и ряд других мероприятий. На южном склоне в целях улучшения судоходных условий построена плотина и Череповецкий гидроузел.

Помимо Волго-Балтийской водной системы в области издавна существует Северо-Двинский водный путь, соединяющий бассейн р. Шексны с бассейном р. Сухоны.

Первые изыскания на трассе были произведены еще в 1798 г., к строительству было приступлено в 1825 г., а в 1828 г. путь был открыт для судоходства (Н. А. Семанов, 1953; Н. А. Северин, 1957). Протяженность этого водного пути — около 140 км. Начинается эта система Топорнинским (Кузьминским) каналом (длиной 6,9 км), соединяющим р. Шексню с оз. Сиверским, далее трасса идет через оз. Бабке, р. Поздышку, оз. Зауломское, 1-й Вазеринский канал, оз. Вазеринское, 2-й Ва-

зеринский канал, оз. Кишемское, Кишемский канал, р. Итклу, оз. Благовещенское, р. Порозовицу, оз. Кубенское, исток р. Сухоны. На системе имеется 8 плотин и 7 шлюзов, 3 из которых расположены на Шекснинском склоне и 4 на Сухонском (Справочная книга по внутренним водным путям Северного бассейна, 1929).

Таким образом, Северо-Двинская система явилась связующим звеном между Белым, Балтийским и Каспийским морями. Этой системой были связаны лесные районы бассейнов Сухоны и Северной Двины с промышленными областями Европейской части Союза. Однако отсутствие достаточных глубин на р. Сухоне препятствует развитию транзитного судоходства из одного бассейна в другой (транзитные перевозки грузов осуществляются в настоящее время в основном смешанным водным и железнодорожным транспортом). Условия судоходства на Сухоне неблагоприятны. Регулярное судоходство от истока до устья осуществляется только в период половодья (май—июнь). В остальное время регулярное судоходство имеет место лишь на участке от истока до г. Тотьмы. На участке Тотьма—Великий Устюг летом из-за малых глубин на перекатах судоходство прекращается. Основными лимитирующими судоходство порогами являются пороги Опоки. Судоходство на этом участке осложняется также значительными скоростями течения и большой каменистостью русла. Судоходные глубины в верхней части течения р. Сухоны обеспечены в течение навигационного периода в среднем на 84% (в/п Наремы), в среднем течении — на 74% (в/п. г. Тотьма) и в нижней части течения — на 64% (в/п. д. Порог).¹ Приведенные данные свидетельствуют о том, что условия стока р. Сухоны не удовлетворяют требованиям водного транспорта и что необходим дополнительный объем стока из оз. Кубенского для поддержания судоходных глубин в летне-осенние месяцы.

Судоходство по Северо-Двинской и Волго-Балтийской системам, а также по другим вышеупомянутым рекам — товаро-пассажирское. Грузооборот состоит из перевозок леса в плотях и на судах, минеральных удобрений, строительных материалов, нефти и зерна. Объем грузооборота по Сухоне, например, составляет 2 млн. тонн. Основное место в перевозках занимают лесные грузы, на долю которых приходится 75% общего тоннажа перевозок.

Лесосплав. Леса — главное богатство Вологодской области. Запасы спелых и переспелых насаждений на ее территории, как отмечает Р. В. Бобровский (1957), составляют 421 млн. м³. Объем заготовленной древесины в 1959 г. составлял 16,5 млн. м³ (Статистический сборник, 1961). Заготовленная древесина

¹ Продолжительность навигационного периода в среднем составляет: в верхней части течения р. Сухоны 194 дня, в районе Опокских порогов — 109 и в устьевой части — 189 дней.

сплавляется по притокам к основным водным артериям — Сухоне, Кубене, Ваге, Югу и др. По притокам основных водных артерий, и в том числе Кубене, Югу, лес сплавляется преимущественно россыпью (молем) до формирующих запаней, где производится его плотка в плоты. Плоты буксируются в р. Шексну и вниз по Сухоне до Сокольского промузла. По Сухоне от г. Тотьмы вверх по течению развит исключительно плотовой буксирный сплав леса, ниже г. Тотьмы до г. Великого Устюга — молевой.

Гидроэнергетическое использование рек. Реки Вологодской области по своим потенциальным водным ресурсам занимают видное место среди рек Европейской части СССР.

Наибольшими запасами обладает р. Сухона, среднегодовая выработка энергии которой вместе с р. Юг может превышать 3000 млн. *квт.ч.* Запасы гидроэнергии по рр. Шексне, Ковже, Суде, Мологе исчисляются примерно в 300 млн. *квт.ч.* Частично запасы эти в настоящее время используются на трассе Волго-Балтийского водного пути. В настоящее время в пределах области работают примерно 40 сельских ГЭС, установленных на малых реках. Мощность станций — от 200 до 30 *квт.*

ГЛАВА XII

ОСОБЕННОСТИ УВЛАЖНЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ

Развитие производительных сил сельского хозяйства Вологодской области на значительной части территории связано с регулированием водного режима почв. Неблагоприятный водный режим почв местами в сильной степени затрудняет их сельскохозяйственное использование. В области около 50% всех сельскохозяйственных угодий страдает в большей или меньшей степени от избытка влаги. По данным земельного баланса и А. М. Лепихина (1951), в области имеется 1 830 000 *га* болот, что составляет 12,4% от общей площади области. В отдельных районах западной части площади болот достигают 24—35% (б. Борисово-Судский, Чагодощенский и северная часть Кирилловского). Отметим, что особенно велика площадь заболоченных сенокосов, выгонов и залежных земель.

Избыточно увлажненные, заросшие кустарником и покрытые кочками земли не позволяют вести механизированный сенокос; их продуктивность определяется получением 3—5 *ц/га* сена плохих кормовых качеств.

Для характеристики естественной увлажненности территории значительным распространением пользуется метод, предложенный Г. Т. Селяниновым (1955). Этот метод основан на использовании гидротермических коэффициентов (ГТК), пред-

ставляющих собой отношение суммы осадков к сумме суточных температур выше 10° за период вегетации растений, деленной на десять.

С гидротермическими коэффициентами Г. Т. Селянинов связывает условия регулирования водного режима: при ГТК более 1,5 почвы нуждаются в широком применении дренажа для устранения избытка влаги, при значении ГТК от 1 до 1,5 мелиорации земель не требуется, при ГТК ниже 1,0 почвы нуждаются в сохранении влаги, а при незначительных (менее 0,5) значениях ГТК почвы нуждаются в орошении. Вычисленные А. И. Овчинниковой по этому методу значения ГТК для территории области изменяются от 1,4 до 1,6. Наименьшие значения ГТК наблюдаются на востоке и северо-востоке, причем изолиния 1,4 охватывает и сильно заболоченный Уфтыуго-Ергский район. В западной и юго-западной частях значения ГТК более 1,5 и на остальной части территории — 1,5. Этот метод дает лишь общее представление о характере увлажнения территории, поскольку он учитывает осадки лишь вегетационного периода. Однако, как известно, расходование влаги в течение вегетационного периода происходит не только за счет осадков этого периода, но и за счет запасов влаги, ранее накопленных в почве осадками невегетационного периода.

Количество воды, оставшейся в почве после схода снега к началу вегетации, зависит не столько от интенсивности испарения воды в весенний период, сколько от величины стока. Фактическое увлажнение почвы зависит в основном от чисто местных причин, среди которых ведущее положение занимают условия залегания почво-грунтов по рельефу, характер уклонов, фациальный состав и др. В самом деле, с наступлением весеннего таяния почвы области повсеместно находятся в состоянии переувлажнения.¹ Однако в условиях расчлененного или холмистого, холмисто-увалистого и увалистого рельефа, где преобладает поверхностный сток или отток почвенно-грунтовых вод, почвы быстро достигают нормального увлажнения.

Таким образом, в зависимости от характера рельефа, величины уклонов, литологического состава пород происходит процесс накопления поверхностных и грунтовых вод или процесс ускорения сброса поверхностных вод и отток грунтовых. Характер указанных гидрологических процессов, как указывалось нами (1955), и определяет соотношение элементов водного баланса почво-грунтов, а следовательно, и интенсивность и длительность увлажнения сельскохозяйственных угодий.

По характеру увлажнения в рассматриваемой области различают почвы нормального, временно-избыточного и избыточного увлажнения.

¹ Годовая сумма осадков изменяется в пределах области от 625 до 480 мм, а испарение — от 315 до 265 мм по формуле Полякова.

Уравнение водного баланса в общем виде для всех указанных групп земель можно написать в следующем виде:

$$W = W_0 + W_i,$$

где W — запас влаги в почве за различные сезоны года; W_0 — первоначальный запас влаги к началу рассматриваемого сезона; W_i — величина увлажнения почво-грунтов за сезон.

Если величина сезонного увлажнения (W_i) в сумме с первоначальным запасом влаги не превосходит 60% полной влагоемкости почв, то эта группа земель будет относиться к категории нормального увлажнения. Если же количество влаги во все время рассматриваемого сезона превосходит или равняется полной влагоемкости почв, когда все поры, как капиллярные, так и некапиллярные, заполнены водой, эти земли будут относиться к категории избыточного увлажнения. Почво-грунты с переменным увлажнением в весенний или осенний сезоны, когда запасы влаги в почве соответствуют то нормальному, то избыточному увлажнению, относятся к категории почв временно-избыточного увлажнения.

В пределах Вологодской области преобладают почвы временного избыточного увлажнения (около 50%), среди же пахотных угодий — почвы нормального увлажнения (70,5%), что обусловлено приуроченностью их в большей части к приречным дренированным участкам. Повсеместно наибольшее развитие имеют суглинистые почвы на моренных или озерно-ледниковых отложениях, реже супесчаные и песчаные. Площадь тяжелых суглинистых, реже глинистых почв составляет, по карте Л. Л. Дворниковой и А. П. Петрова (1965), 62,4%, а легких — супесчаных и песчаных — 37,6% от общей площади области.

Гранулометрический состав почвообразующих пород как морены, так и озерно-ледниковых отложений неоднороден. В табл. 27 приводятся средние показатели состава.

В приведенных данных обращает на себя внимание высокое содержание пылевато-глинистых частиц, составляющих в ленточных глинах 87%, а в суглинках и супесях — от 66 до 40%.

В условиях выравненных водоразделов, где сток воды замедлен, гранулометрический состав почв является, при прочих равных условиях, определяющим фактором увлажнения почв. В самом деле, легкосуглинистые, супесчаные или песчаные почвы, залегающие на песчаных грунтах, при глубоком залегании грунтовых вод переувлажнения не испытывают. Это объясняется значительным содержанием песчаных фракций в подстилающем горизонте, что обуславливает повышенную фильтрацию и преобладание свободной воды над связанной.

В случае высокого залегания грунтовых вод почвы, независимо от механического состава, испытывают длительное избыточное увлажнение или заболачивание. Примером может слу-

гранулометрический состав моренных и озерно-ледниковых отложений, %

Наименование разностей	Галька, <10	Гравий, 10—20	Песок крупно-зернистый, 2,0—0,5	Песок средне-зернистый, 0,5—0,25	Песок мелко-зернистый, 0,25—0,10	Пыль, 0,05—0,002	Глина, >0,002
Моренные отложения							
Суглинки	1	2	3	7	33	40	14
Супесь	2	3	4	9	42	32	8
Песок среднезернистый	8	5	20	41	21	4	1
Озерно-ледниковые отложения							
Глина ленточная	—	—	—	2	11	60	27
Супесь и суглинок	—	—	—	сл	34	58	8
Песок	—	—	2	33	64	1	—

жить Молого-Судская низина, сложенная озерно-ледниковыми песчаными отложениями, где грунтовые воды залегают высоко и на значительной части территории сливаются с болотными водами. Периодическое избыточное увлажнение дерново-подзолистых и подзолистых почв различной степени оглеения происходит вследствие того, что они имеют тяжелый механический состав, часто бесструктурны и залегают на слабоводопроницаемых суглинках или глинах. Роль слабоводопроницаемого горизонта обычно выполняет элювиальный (подзолистый) и иллювиальный (оглеенный) горизонты, отличающиеся большой плотностью сложения, бесструктурностью и малой порозностью, что приводит к застаиванию на них воды и переувлажнению верхних горизонтов почвы.

Коэффициенты фильтрации подпахотного и нижерасположенных горизонтов зависят в основном от их гранулометрического состава и степени оглеенности. Водопроницаемость подпахотных слоев в зоне аэрации (0—2 м), сложенных песчаными и супесчаными отложениями, как показали наши опыты с наливом воды в шурфы, изменялась в пределах 0,0056 до 0,00038 см/сек, а суглинистых и глинистых от 0,0037 до 0,000003 см/сек. Приведенные данные характеризуют скорость установившегося поглощения воды, т. е. скорость фильтрации, отвечающей полному насыщению почвы водой. Скорость поглощения воды ненасыщенной почвой не учитывалась.

Глинистые почво-грунты отличаются не только слабой водопроницаемостью, но и малой водоотдачей. Полевая влагемкость глееватых и глеевых почв, как показали исследования почвоведов, близка или равна полной влагемкости. В гли-

нистых почво-грунтах вся влага находится в связанном состоянии, и ее движение обуславливается градиентами влажности, температуры и концентрации раствора (Роде, 1952). Движение гравитационной воды здесь практически отсутствует.

Водопроницаемость же пахотного слоя изменяется не столько от механического состава почв, сколько от характера оструктуренности почв. Нередко, как показали наши опыты в колхозе им. Ленина Харовского района, водопроницаемость пахотного слоя, сформированного на глинах или суглинках, была равной или превосходила водопроницаемость почв, сформированных на супесчаных и песчаных породах. Средняя водопроницаемость пахотного слоя изменялась от 0,0095 до 0,0022 см/сек. Таким образом, вода ниже пахотного горизонта поступает медленно, и, кроме того, из-за отсутствия некапиллярных ходов общая влагоемкость подпахотных слоев понижается. По материалам наблюдений в Грязовецком и Харовском районах на суглинистых подзолистых почвах влажность пахотного горизонта во время избыточного увлажнения (в августе 1956 г.) составляла 70,1%, на глубине 25—30 см — 32%, а на глубине 35—40 см — 18,6%.

Так как подпахотный горизонт почво-грунтов медленно и в небольших количествах впитывает воду, то для насыщения маломощного пахотного слоя (мощность пахотного слоя до 20—25 см) до полной влагоемкости достаточно 50—60 мм осадков, даже при полном отсутствии в нем продуктивной воды. Дождь, выпавший в течение 3—4 суток, может создать избыток влаги в пахотном горизонте, развитом на суглинках. Следует отметить, что и при наличии в подпахотном слое трещиноватых глин или суглинков вода, как показали опыты по дождеванию, поглощается в значительном количестве лишь первые 2—3 часа от начала опыта, а затем водопроницаемость резко снижается или прекращается вовсе, что объясняется заплыванием трещин.

Незначительная водопроницаемость суглинистых почво-грунтов обуславливает и относительно слабую промытость дерново-карбонатных почв; горизонт вскипания почв залегает высоко — на глубине 0,30—0,80 м (колхозы им. Ленина Низовского сельсовета, им. Ленина Кубенского сельсовета, «Призыв» Грязовецкого сельсовета и др.). Поступление воды в почву, судя по простейшим подсчетам, в весенние месяцы составляет до 1850 м³/га, а водоудерживающая способность пахотного слоя мощностью в среднем 20 см — 850—1100 м³/га. Эти данные свидетельствуют о возможности ежегодного весеннего переувлажнения почв, развитых на тяжелых суглинках, отличающихся неблагоприятными физико-механическими и водно-физическими свойствами.

Особо неблагоприятное воздействие на водный режим почв в пределах рассматриваемой территории оказывает неравномерность распределения осадков в течение вегетационного периода.

По отдельным месяцам отклонения от средней нормы достигают 200—350%. Так, например, в августе 1956 г. количество атмосферных осадков составляло на рассматриваемой территории местами до 260% нормы за этот месяц. Поэтому на выравненных участках с тяжелыми почвами, где нет необходимых условий для стока поверхностных или почвенно-грунтовых вод, почвы подвергаются длительному переувлажнению. Особенно часто переувлажнение почв наблюдается весной и осенью, когда испарение влаги сильно затруднено низкой температурой воздуха.

Уплотненный подпахотный горизонт, на котором застаивается верховодка, представляет собой плоскость скольжения для тракторов. Тракторная вспашка этих земель весной сильно затруднена, так как тракторы буксуют и «салятся» в переувлажненных мелких понижениях, где почвы превратились в жидкую грязь — «раскисли». Это приводит к тому, что весной не выдерживаются сроки посевов на 30% площади сельскохозяйственных земель. Вспашка временно переувлажненных земель в пределах области задерживается на 7—25 дней (колхоз им. Ленина Кубенского сельсовета и др.). Посеянные на 2—3 недели позднее сельскохозяйственные культуры при наступлении июньского засушливого периода часто попадают в неблагоприятные условия развития; кроме того, поздние сроки сева приводят, как известно, к недозреванию части сельскохозяйственных культур. Превышающие нормы, поздние летние и осенние обложные дожди, повторяемость которых 65—70%, также создают длительное переувлажнение почвенного покрова на слабоуклонных территориях, препятствующее уборке урожая и подъему ячи.

В целях осушения этих земель достаточно провести разреженное разрушение подзолистого и оглеенного слабоводопроницаемых слоев (щелевание), что обеспечит сток избыточных вод из пахотного слоя в нижележащие слои. Таким образом будет обеспечиваться своевременное «поспевание» почв для весенних работ и, кроме того, почвы будут предохраняться от возможного иссушения во время июньского бездождевого периода.

В вегетационный период наряду с периодическим переувлажнением почв иногда наблюдается относительно кратковременное иссушение почвы, снижающее урожай сельскохозяйственных культур. Повторяемость поздних весенних и ранних летних засушливых вегетационных периодов продолжительностью 2—3 декады составляет примерно 1 раз в 3 года, а повторяемость особо засушливых лет, когда запасы влаги к моменту таяния менее 60% нормы, при засушливом весеннем периоде, — 1 раз в 10 лет.

Периодическое иссушение дерново-подзолистых и подзолистых почв происходит вследствие того, что они имеют тяжелый механический состав и бесструктурны. В засушливые

периоды вода быстро расходуется на испарение, и растения страдают от недостатка влаги. Поэтому в Вологодской области мероприятия по осушению, т. е. удалению из пахотного слоя избыточной гравитационной влаги, должны местами сочетаться с накоплением в почвенном слое максимального количества влаги, доступной для растений в засушливые периоды.

Особое положение среди почв временного избыточного увлажнения занимают почвы пльвунного характера, развитые местами в Сибирском сельсовете Верховажского района. Эти почвы имеют слоистое сложение; легкие, обычно безвалунные суглинки подстилаются тонкими супесями на карбонатной суглинистой щебнистой морене. По генезису покровные отложения относятся к озерно-ледниковым.

Характерной морфологической особенностью этих почв является наличие близко залегающих к поверхности, сразу под гумусовым горизонтом, глеевого сизо-ржавого супесчаного горизонта. Глеевый процесс, обусловленный избыточным увлажнением, привел, как отмечала Н. Н. Дзенс-Литовская, к обогащению этого горизонта коллоидной фракцией, вследствие чего при увлажнении он приобрел свойства, близкие к тиксотропным. Благодаря этим свойствам влага прочно удерживается в супесчаном слое и практически не передвигается в глубину. Этот горизонт даже при относительно небольшом увлажнении имеет тенденцию к разжижению. При механическом воздействии на него (пахота, перелопачивание, рытье почвенных ям и т. п.) глеевый супесчаный слой переходит в пластичное или текучее состояние с выделением гравитационной влаги. Поверхность таких почв в августе 1957 г., в момент обследования, пружинила под ногами, и поля не были доступны для проведения посевных работ.

Ниже этого горизонта по профилю наблюдается резкое снижение влажности, и пресыщенный влагой супесчаный слой сменяется слегка влажным завалуненным суглинком. Вспашка подобных земель возможна лишь в очень сухое лето. Эти земли обрабатываются обычно один раз в 4—5 лет и нуждаются в постоянно действующей гидротехнической осушительной сети, отводящей избыточную воду в нижележащие карбонатные суглинки. Устроенная в 1956 г. открытая сеть осушителей (Кулойский сельсовет) в течение очень короткого дождливого периода заилилась, и поэтому подобный метод отвода избыточных вод из подпахотного слоя, обладающего свойствами пльвуна, непригоден. Наряду с осушением на этих землях должны проводиться мероприятия, понижающие тиксотропию, т. е. увеличивающие отдачу воды с глеевого супесчаного горизонта, залегающего непосредственно под пахотным слоем.

Особое место в пределах рассматриваемой области занимает вопрос мелиорации заболоченных лугов и болот низинного и переходного типов поймы р. Сухоны. Пойма этой реки обладает

высоким потенциальным плодородием. Заболоченная часть поймы занимает площадь более 160 тыс. га, в том числе низинные и переходные болота — 47,9 тыс. га. Низинные болота представлены торфяниками мощностью обычно от 1 до 3 м.

Начало осушительных мелиораций на пойме р. Сухоны относится к 1860 г., когда на части заболоченной территории была проведена осушительная сеть. Эта сеть позволила сбрасывать избыточные поверхностные воды и создавать более благоприятные условия для развития луговой растительности. В настоящее время вследствие регулирования режима р. Сухоны сток поверхностных вод и отток грунтовых в пределах поймы замедлен. Эти воды длительное время находятся в подпоре со стороны сухонских вод. Осушительные и водоотводящие каналы заилились. Все это обусловило заболачивание луговых угодий.

Проведение осушительных мелиораций, обеспечивающих своевременный сток поверхностных вод и отток грунтовых тесно связан с реконструкцией регулирования р. Сухоны. Часть оторфованных пойменных почв может быть осушена путем ускорения поверхностного стока из стариц, малых озер, микрозападин, что обеспечит на ограниченной части территории понижение уровня грунтовых вод и как следствие — улучшение травостоя.

Значительным фондом для расширения посевных площадей являются низинные и переходные болота, занимающие более 700 тыс. га. Наибольшие болота этого типа расположены в Комельской, Кулойской, Молого-Шекснинской низменностях. Болота, как правило, залегают на песках.

В заключение необходимо отметить, что в пределах Вологодской области мелиорация земель проводится в очень ограниченных масштабах. Здесь, как правило, имеет место беспроектное проведение мелиоративных работ, вследствие чего осушительная сеть часто своего назначения не оправдывает (колхоз им. Ленина Харовского района, «Свободный труд» Сямженского района, «Новый Север» Верховажского района).

На части земель осушительная сеть запущена: каналы их заросли кустарником, заилились, зачастую пересыпаны перемычками, препятствующими стоку вод, лишены надежных водоприемников.

Для правильного назначения и проектирования мелиоративных мероприятий необходимо иметь ясное представление о водном балансе почво-грунтов в пределах различных территорий (урочищ), что обеспечит эффективное осушение и, следовательно, рациональное использование почв, способствующее разрешению задачи увеличения продукции сельского хозяйства.

ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ

На территории Вологодской области (для целей сельского хозяйства) выделены 23 гидрологических района (рис. 18):¹

Краткая характеристика гидрологических районов²

1. Прионежская — равнина (I и II террасы), сложенная озерными и озерно-ледниковыми, преимущественно песчаными отложениями, подстилаемыми суглинками.

Район замедленного поверхностного стока, широкого развития верховодки и грунтовых вод, обусловленных выравниенностью рельефа, обильным подтоком подземных вод со склонов карбового уступа и подпором вод со стороны Онежского озера. Район широкого развития переходных и низинных топяных болот (24%), формирующихся на недrenированных бессточных территориях с глубиной залегания грунтовых вод от 0 до 0,4 м.

В районе широко развиты почвы длительного и постоянного избыточного увлажнения, составляющие до 75% площади района, с глубиной залегания грунтовых вод от 0,0 до 1 м. Переувлажнение почв I террасы обусловлено высоким залеганием грунтовых вод, II террасы — застоем поверхностных вод вследствие выравниенности рельефа и незначительной фильтрационной способности двучленных отложений. Осушение значительной части освоенных земель предусматривает отвод ключевых вод, выклинивающихся с карбового уступа, и ускорение стока поверхностных вод.

Для водоснабжения могут использоваться обильные ключевые источники.

2. Ошто-Андомский — район развития холмисто-моренного и камового рельефа, сложенного валунными суглинками и песчаными разностями (камы) при относительно высоком залегании закарстованных отложений карбона.

В районе преобладают естественно дренированные территории с густой сетью рек ($0,49 \text{ км/км}^2$), повышенным поверхностным стоком (средний модуль стока до $10 \text{ л/сек} \cdot \text{км}^2$) и обеспеченным подземным оттоком при устойчиво глубоком залегании грунтовых вод, приуроченных к отложениям карбона. Заболоченность — до 12%; преобладают переходные, реже низинные болота, возникшие в результате зарастания относительно небольших озер или в бессточных межхолмных понижениях.

На территории района преобладают почвы нормального увлажнения, составляющие до 76%. Сельскохозяйственные земли, расположенные в основном вдоль рек Вытегры и Андомы, хорошо дренированы. Почвы нормального увлажнения составляют до 80%, в том числе подверженные эрозии — до 7%. Пашни выравненных приречных водоразделов, сложенные тяжелосуглинистыми или легкосуглинистыми, часто бесструктурными, плотными и слабОВОдопроницаемыми почвами, испытывают избыточное переувлажнение продолжительностью до 2 недель. До 20% пашни и 38% лугов нуждаются в проведении временной осушительной сети, обеспечивающей ускорение поверхностного стока.

Источником централизованного водоснабжения животноводческих ферм являются трещинно-карстовые воды отложений карбона, местами карстовые источники. Выгонно-пастбищные угодья водопоями обеспечены.

¹ Принципы гидрологического районирования изложены ранее (Филенко, 1963), поэтому в данной работе на них не останавливаемся.

² Характеристики почв даны по карте Л. Л. Дворниковой и А. П. Петрова (1965), а типов рельефа составлены по геоморфологической карте Ю. А. Савинова и В. П. Романовой (1965).

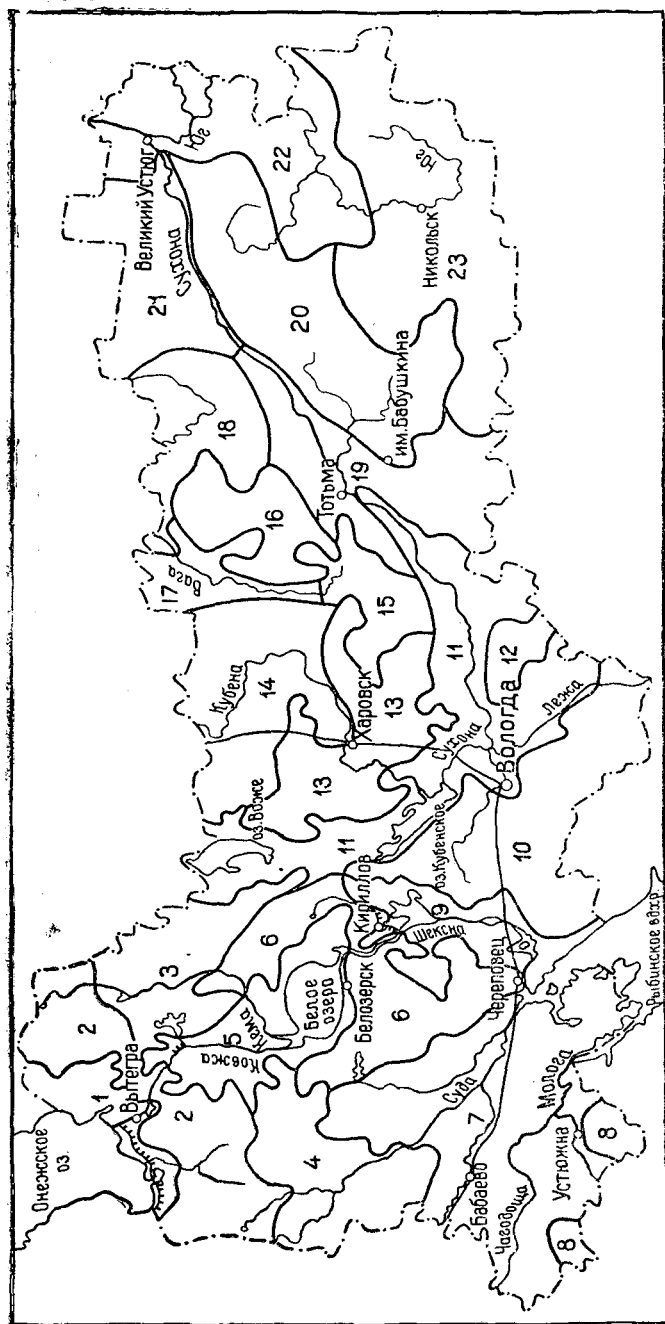


Рис. 18. Гидрологические районы.

3. Кемский — район развития плоских, реже полого-волнистых моренных и озерно-ледниковых равнин, сложенных карбонатной валунной суглинистой мореной или песками озерно-ледникового происхождения, подстилаемыми на глубине 1—5 м и более отложениями карбона. Местами развиты карстовые формы рельефа.

Поверхность района естественно хорошо дренирована, с обеспеченным оттоком верховодки и грунтовых вод, с относительно слабо развитой сетью рек (16 км/км^2), отличающихся повышенным грунтовым питанием, наличием исчезающих в карстовых воронках водотоков, с относительно небольшим развитием болот низинного и переходного типов (8%), приуроченных в основном к озерно-ледниковым равнинам, и устойчивым глубоким залеганием грунтовых вод, развитых в отложениях карбона.

Относительно хорошая водопроницаемость карбонатных моренных суглинков, при высоком залегании закарстованных известняков карбона, обусловила развитие почв нормального увлажнения (до 80%), представленных подзолистыми и дерново-подзолистыми почвами. Сельскохозяйственные земли приурочены к приречным территориям, реже повышенным участкам равнины. Преобладают почвы нормального увлажнения (до 75%); в пределах развития двучленных отложений почвы испытывают временное избыточное увлажнение за счет застоя поверхностных вод. До 25% освоенных земель нуждаются в проведении простейших осушительных мелиораций, обеспечивающих понижение уровня верховодки и отвод поверхностных вод в более глубокие горизонты почвенного профиля.

Основным источником централизованного водоснабжения в районе могут служить неглубокие воды верхнекаменноугольных отложений, отличающиеся обычно значительным дебитом. Выгонно-пастбищные угодья водопоями обеспечены.

4. Верхнесудский — район развития плоской и полого-волнистой моренной равнины, сложенной бескарбонатными валунными супесями на пылеватых суглинках и в южной части района двучленными отложениями (супеси на суглинках) с близким залеганием (2—10 м) известняков и доломитов карбона.

Территория района слабо дренирована и характеризуется замедленным поверхностным стоком, достаточным оттоком верховодки; слабо развитой сетью рек ($0,29 \text{ км/км}^2$); широким развитием напорных жестких грунтовых вод, приуроченных к отложениям карбона и местами дренируемых реками; широким развитием в понижениях обширных переходных и низинных болот (заболоченность 33%), подпитывающихся жесткими грунтовыми водами.

Значительная часть поверхности района сложена хорошо водопроницаемыми песчаными и супесчаными отложениями, обусловившими развитие почв нормального увлажнения (более 60% от площади района). Среди освоенных земель почвы нормального увлажнения составляют до 85%. В местах близкого залегания суглинков (на глубине 20—40 см) развиты почвы, испытывающие временное избыточное увлажнение (до 2 недель), обусловленное образованием верховодки на плужной подошве. До 15% сельскохозяйственных земель нуждаются в осушительных мелиорациях, обеспечивающих понижение верховодки в более глубокие горизонты почвенного профиля.

Основным источником централизованного водоснабжения в районе могут служить обильные источники и напорные, слабоминерализованные воды каменноугольных отложений, отличающиеся значительным дебитом. Выгонно-пастбищные угодья водопоями обеспечены.

5. Ковжинско-Белозерский — район развития плоской террасированной равнины, слабо наклоненной к Белому озеру, приуроченной к древнему эрозионному понижению, сложенной мощной (более 20 м) толщей тонкослоистых песчаных и супесчаных, часто пылеватых озерно-ледниковых и озерных отложений.

Поверхность района естественно очень слабо дренирована и характеризуется необеспеченным поверхностным стоком и оттоком грунтовых вод, при устойчиво близком залегании грунтовых вод и постоянном пополнении этих вод за счет подтока с прилегающих территорий. В районе широко развиты

болота (28,7%) переходного и низинного типов, развивающиеся в условиях подтока жестких грунтовых вод, при слабом развитии речной сети, представленной Ковжей и устьевыми участками небольших притоков. Территория дренируется бассейном Белого озера.

Близкое залегание грунтовых вод, смыкающихся на большей части территории с поверхностными водами, определило развитие в районе болотных почв и почв длительного и временного избыточного увлажнения, представленных торфяно(торфянисто)-подзолистыми почвами различной степени оглеения (до 60%). Сельскохозяйственные земли расположены на высоких террасах Белого озера; преобладают супесчаные и песчаные почвы нормального увлажнения. В местах развития слоистых пылеватых супесей развиты почвы, испытывающие весной и осенью временное избыточное увлажнение (до 10—15 дней) за счет застоя поверхностных вод. До 40% сельскохозяйственных угодий нуждаются в проведении простейших осушительных мероприятий, обеспечивающих ускорение поверхностного стока.

Централизованное водоснабжение в районе может осуществляться путем использования подземных вод каменноугольных отложений с дебитом до 5 л/сек. Выгонно-пастбищные угодья водопоями обеспечены.

6. Кирилловско-Андогский — район развития холмистого и холмисто-грядового рельефа, включающего Кирилловские и Андогские гряды, сложенные мощной толщей (70—100 м) карбонатных моренных суглинков, местами опесчаненных.

Поверхность района естественно хорошо дренирована и отличается обеспеченным поверхностным стоком, густо развитой сетью рек и ручьев (до 0,59 км/км²), обилием проточных озер и слабым развитием болот низинного и переходного типов (4,3% от площади района), приуроченных преимущественно к межхолмным понижениям, реже — к местам бывших водоемов. Грунтовые воды в пределах района слабообильные, жесткие и имеют спорадическое распространение.

Сельскохозяйственные земли расположены преимущественно на склонах холмов, преобладают почвы нормального увлажнения (91%). На нижних частях склонов вследствие образования обильной верховодки, не связанной с грунтовыми водами, развиты глееватые почвы временного избыточного увлажнения. В осушительных мелиорациях нуждается до 9% площади пашни и лугов. Осушение почв должно предусматривать предотвращение подтока поверхностных и почвенных вод со склонов и ускорение поверхностного стока.

Район относительно слабо обеспечен грунтовыми и слабоминерализованными подземными водами. Основным источником централизованного водоснабжения ферм являются воды рек и озер.

7. Молого-Судский — район развития обширной, плоской, пониженной озерно-ледниковой равнины, сложенной некарбонатными, часто пылеватыми песками и супесями, подстилаемыми на глубине 4—10 м ленточными глинами либо моренными суглинками. Коренные породы залегают на глубине 20—40 м, реже — 2—5 м.

Территория района очень слабо дренирована и характеризуется необеспеченным поверхностным стоком и слабым оттоком грунтовых вод, находящихся местами в подпоре со стороны водоприемников. Речная сеть развита слабо (0,25 км/км²), незначительно врезана и отличается медленным течением воды. Широкое развитие имеют неглубокие (0,5—3 м) грунтовые воды типа верховодки, смыкающиеся на выравненных водоразделах с поверхностными водами, обуславливая заболачивание. Болота занимают 39%; преобладают крупные верховые болотные массивы с развитыми грядово-мочажинными и грядово-озерковыми комплексами, приуроченными преимущественно к остаточным водоемам.

В районе широко развиты болотные почвы и почвы длительного избыточного увлажнения (до 60% от площади района). Пахотные земли приурочены преимущественно к относительно узким, хорошо дренированным приречным водоразделам и переувлажнения на большей части территории не испытывают. В засушливые годы наблюдается недостаток влаги. На слабодренированных водораздельных участках, занятых преимущественно лугами,

развиты почвы временного избыточного увлажнения, представленные дерново-глеевыми и торфянисто-перегно-глеевыми почвами. Переувлажнение обусловлено застоем поверхностных вод и высоким залеганием верховодки. В осушительных мелиорациях нуждается до 14% пашни и 53% суходольных лугов. Осушение должно осуществляться путем понижения верховодки (до 1,5 м) в более глубокие горизонты почвенного профиля.

Основным источником для централизованного водоснабжения являются слабоминерализованные напорные воды каменноугольных отложений и воды рек.

8. Южно-Устьженский — район развития моренно-холмистого, реже равнинного рельефа, сложенного валунно-щебнистыми суглинками, нередко карбонатными, мощностью от 60 до 150 м.

Территория района хорошо дренирована и отличается обеспеченным поверхностным стоком и оттоком грунтовых вод, густо развитой сетью рек ($0,56 \text{ км/км}^2$) и относительно глубоко врезанными долинами (10—15 и до 20—30 м), незначительным развитием болот (заболоченность менее 3%) преимущественно низинного типа, приуроченных к межхолмным понижениям, реже к поймам рек, и спорадическим развитием слабообильных грунтовых вод.

Сельскохозяйственные земли в районе расположены, как правило, на хорошо дренированных участках (до 80% площади); исключение составляют почвы понижений, испытывающие переувлажнение за счет застоя поверхностных вод и образования верховодки на плужной подошве. В осушительных мелиорациях нуждается 9,4% пашни. Осушительная сеть должна обеспечивать ускорение поверхностного стока.

Основным источником централизованного водоснабжения являются воды межморенных отложений.

9. Пришексинский — район развития плоских, местами полого-волнистых аккумулятивно-абразионных моренных и озерно-ледниковых равнин, сложенных преимущественно перемытыми моренными суглинками со щебнем и валунами, озерно-ледниковыми песками, часто двучленными, реже глинами, подстилаемыми моренной. Коренные породы пермских отложений залегают на глубине 10—40 м.

Поверхность района очень слабо дренирована и характеризуется редкой сетью рек ($0,20—0,29 \text{ км/км}^2$) со слабо врезанными долинами и широким развитием преимущественно верховых, реже переходных болот (более 23% площади района), возникших в большинстве на месте бывших водоемов. Грунтовые воды имеют прерывистое распространение, пестрые по степени обильности и минерализации.

В районе развиты почвы длительного и временного избыточного увлажнения, представленные торфяно(торфянисто)-подзолистыми почвами различной степени оглеения (с болотными они составляют 60% площади района). Сельскохозяйственные земли расположены на приречных водораздельных участках, преобладают почвы нормального увлажнения (дерново-подзолистые), составляющие до 80% площади пашни. На выравненных водоразделах в результате застоя поверхностных вод развиты почвы временного избыточного увлажнения. В осушительных мелиорациях нуждается до 20% площади пашни и до 25% суходольных лугов. Сезонное переувлажнение обусловлено образованием верховодки, не связанной с грунтовыми водами. Эти земли нуждаются в понижении верховодки ниже пахотного слоя.

Централизованное водоснабжение в районе может осуществляться на использовании подземных вод межморенных отложений и поверхностных вод.

10. Вологдо-Комельский (Грязовецкий) — район развития широкоовальных и увалистых, реже плоских и холмистых равнин, сложенных водно-ледниковыми (покровными) безвалунными карбонатными суглинками, реже супесями, подстилаемыми моренными, иногда камовыми отложениями.

Поверхность района хорошо дренирована, с густой ($0,56 \text{ км/км}^2$) сетью балок и ручьев, реже рек, обеспечивающей повышенный сток поверхностных вод. Болота встречаются редко (заболоченность 1,5%), наибольшее — Комельское приурочено к остаточному водоему; преобладают низинные, реже пепе-

ходные болота, развивающиеся в условиях подтока жестких грунтовых вод. Грунтовые воды имеют спорадическое распространение, слабообильны.

В районе преобладают почвы нормального увлажнения (71% от площади района), из них 15% подвержены эрозии. Из категории сельскохозяйственных земель 38% испытывает временное переувлажнение за счет застоя поверхностных вод и образования верховодки на плужной подошве. В весенние месяцы повсеместно водно-воздушный режим почв неблагоприятен. Тяжелый механический состав покровных суглинков, отличающихся большим содержанием пылеватых (более 50%) и глинистых (25—47%) частиц, определяет повышенную влагоемкость и водоудерживающую способность почв, вследствие чего весной и осенью почвы быстро набухают и относительно медленно просыхают. После дождей они заплывают, образуя корку при высыхании, в сухом состоянии глыбисты. Повсеместное улучшение водно-воздушного режима почв должно предусматривать перевод поверхностных вод в более глубокие горизонты почвенного профиля.

Район обладает ограниченными ресурсами подземных питьевых вод, и вопросы централизованного водоснабжения ферм должны решаться, в основном, за счет использования рек и местами подземных вод. Выгонно-пастбищные угодья находятся в неблагоприятных условиях водоснабжения. Необходимо строительство прудов на логах и балках и местами создание копаных водоемов.

11. Воже-Кубено-Сухонский — район развития плоских озерно-ледниковых и озерных равнин, приуроченных к обширной доледниковой впадине, сложенных суглинками, пылеватыми супесями, песками, подстилаемыми двухчленными породами и в меньшей степени супесчаными разностями морены.

Территория района очень слабо дренирована и характеризуется замедленным поверхностным стоком и слабым оттоком грунтовых вод, сопровождающимся подпором со стороны зарегулированных вод р. Сухоны и Кубенского озера. Район широкого развития грунтовых вод и верховодки, составляющих в пределах поймы один водоносный горизонт, слабоврезанной сети рек, отличающейся малыми уклонами ($0,3 \cdot 10^{-4}$ — $0,6 \cdot 10^{-5}$), широкого распространения верховых болот с грядово-мочажинными комплексами и топяных переходными пойменными болот (заболоченность 30%). Болота приурочены к остаточным водоемам либо окаймляют озеро (Воже).

Резко ослабленный отток паводковых, атмосферных и грунтовых вод обусловил развитие земель длительного избыточного увлажнения до 75% (с торфяно- и торфянисто-подзолисто-глеевыми почвами). Сельскохозяйственные земли расположены на высоких, относительно хорошо дренированных террасах. До 35% пашни испытывает переувлажнение вследствие застоя поверхностных вод и образования верховодки на плужной подошве. Осушение пашни должно предусматривать отвод избыточных поверхностных вод и верховодки через подпахотный слой в более глубокие горизонты почвенного профиля. Осушение заливных лугов тесно связано с реконструкцией р. Сухоны; частичное осушение «озерин» возможно за счет ускорения поверхностного стока открытой сетью канав и углубления русел мелких водотоков.

Основным источником централизованного водоснабжения являются подземные напорные воды межморенных и подморенных отложений с дебитом от 1—3 до 12 л/сек. Пастбища водой обеспечены.

12. А в н и г а — возвышенность, приподнятая, увалисто-волнистая, местами плоская и холмистая равнина с хорошо выраженным эрозионным рельефом, сложенная моренными или водно-ледниковыми (покровными) суглинками.

Территория района хорошо дренирована, с густой сетью малых рек, ручьев и балочно-овражной сети, обеспечивающей сток поверхностных вод. Грунтовые воды развиты слабо, преимущественно жесткие. Заболоченность незначительная (менее 0,3%); болота низинного типа занимают небольшие площади в бессточных понижениях.

В районе развиты почвы нормального увлажнения (87% площади района). На плоских участках за счет застоя поверхностных вод и слабой фильтрационной способности покровных суглинков распространены почвы временного избыточного увлажнения (12,7%). Среди освоенных земель преобладают поч-

вы нормального увлажнения (до 90%). На выравненных участках вследствие образования верховодки на плужной подошве почвы испытывают временное избыточное увлажнение. До 10% площади сельскохозяйственных земель нуждается в простейших осушительных мелиорациях, предусматривающих отвод верховодки в более глубокие горизонты почвенного профиля.

Основным источником водоснабжения являются поверхностные и подземные воды межморенных отложений. Пастбища водой обеспечены.

13. Прикубенский — район развития плоских, слабоволнистых, местами увалистых моренных равнин, сложенных относительно слабо завалунненными моренными суглинками или озерно-ледниковыми безвалунными песками, супесями и суглинками (часто двучленными).

Поверхность района среднедренирована с относительно негустой сетью рек ($0,35 \text{ км/км}^2$), с развитием переходных и верховых болот, преимущественно суходольного заболачивания (до 15%), и небольших проточных остаточных озер, большей частью с заболоченными берегами. Грунтовые воды развиты спорадически, в пределах широких аллювиальных отложений речных долин имеют пластовое распространение.

В районе преобладают земли нормального увлажнения (65% площади района). Освоенные земли приурочены к приречным водораздельным участкам, к верхним частям склонов речных долин либо участкам озерно-ледниковых равнин, сложенных опесчаненной мореной или песками. Преобладают почвы нормального увлажнения (до 75%). В пределах выравненных участков с близким залеганием суглинков развиты почвы временного избыточного увлажнения (до 25%), испытывающие сезонное переувлажнение продолжительностью до 2 недель.

В осушительных мелиорациях нуждается 27% площади пашни. Осушение должно предусматривать отвод избыточных вод ниже подпахотного слоя.

Централизованное водоснабжение в районе может осуществляться путем использования поверхностных вод и подземных вод межморенных отложений. Пастбища водой обеспечены.

14. Вожего-Кубенский — район развития повышенной, относительно глубоко расчлененной полого-холмистой, реже плоской и волнистой равнины, сложенной мощной толщей (от 30 м и более) карбонатных валунно-щебнистых суглинков. Сельскохозяйственные угодья, как правило, мелкоконтурны и завалунены.

Территория района хорошо дренирована и отличается повышенным поверхностным стоком ($10 \text{ л/сек} \cdot \text{км}^2$), густо развитой сетью рек ($0,40-0,50 \text{ км/км}^2$) с хорошо разработанными долинами, слабым развитием небольших по площади переходных и верховых болот суходольного заболачивания (заболоченность 2%), приуроченных к межолмным понижениям или к плоским участкам водоразделов. Грунтовые воды распространены спорадически, пестрые по степени обильности и отличаются непостоянным режимом во времени.

В районе преобладают почвы нормального увлажнения (до 70%). Пахотные угодья приурочены к приречным водораздельным участкам; преобладают почвы нормального увлажнения (дерново-подзолистые), в том числе до 20% их подвержено эрозии. На выравненных участках, сложенных суглинками, вследствие застоя поверхностных вод и образования верховодки развиты почвы временного избыточного увлажнения (сезонное переувлажнение длится 7—10 дней). В осушительных мелиорациях нуждается 15% площади пашни и 42% площади суходольных лугов. Осушение должно предусматривать ускорение поверхностного стока и местами понижение уровня верховодки.

Водоснабжение в районе животноводческих ферм может осуществляться при использовании напорных подземных вод межморенных отложений, залегающих на глубине 20—40 м и более, и поверхностных вод.

15. Стрелица-Вожбольский — район развития холмистого моренного и камового, сильно расчлененного эрозией рельефа, сложенного опесчаненной валунной, часто карбонатной мореной, либо двучленными отложениями (супеси на морене), реже песками.

Поверхность района хорошо дренирована и отличается обеспеченным

поверхностным стоком и оттоком грунтовых вод. Дренаж обеспечивается густой сетью рек ($0,47 \text{ км/км}^2$) с глубоко врезанными долинами (до 35 м) и значительной фильтрационной способностью легких почво-грунтов. Грунтовые воды имеют широкое распространение, глубина залегания — 5—7 м. Болота приурочены к понижениям рельефа, площадь их составляет 0,1% площади района.

В районе широко развиты земли нормального увлажнения (до 85% площади района). Освоенные земли приурочены в основном к приречным участкам водоразделов, сложенным песчаными отложениями, реже суглинистой мореной. Пашня и суходольные луга в проведении осушительных мелиораций не нуждаются.

Централизованное водоснабжение ферм может осуществляться при использовании грунтовых вод отложений камов и местами там, где эти отложения отсутствуют, при использовании поверхностных вод. Выгонно-пастбищные угодья водопоями обеспечены.

16. Кулойский — район развития плоско-волнистой, реже полого-холмистой слабо наклоненной к северу равнины, сложенной песчаными и супесчаными озерно-ледниковыми либо суглинистыми моренными отложениями.

Территория района слабо дренирована, с относительно плохо развитой сетью рек ($0,30 \text{ км/км}^2$), широким развитием озер, отличающихся малыми площадями и небольшими глубинами (до 1—2 м), заболоченными и заторфованными берегами, с значительным развитием болот (15%) верхового и переходного типов суходольного заболачивания или возникших на месте бывших водоемов, с широким развитием верховодки, приуроченной к озерно-ледниковым отложениям, имеющим часто плавунный характер, с развитием грунтовых вод и слабоминерализованных подземных вод нижеустьинской свиты татарского яруса.

В районе широко развиты почвы постоянного, длительного и временного избыточного увлажнения (до 65%). Окультуренные земли расположены на склонах речных долин, приречных водораздельных участках, реже в низинах (луга). Среди освоенных земель преобладают почвы нормального увлажнения (дерново-подзолистые, супесчаные). На выравненных водораздельных участках, сложенных двучленными породами (супеси на моренном суглинке), развиты почвы плавунного характера длительного избыточного увлажнения, составляющие до 30% площади пашни. Низинные луга, как правило, заболочены.

Осушение пахотных земель должно предусматривать понижение верховодки ниже плавунного горизонта (мощность плавунного слоя 20—30 см). Проведение открытой сети из-за заплывания канав не рационально. Луговые угодья низины Сундженского озера нуждаются в проведении гидротехнической осушительной сети, препятствующей подтоку вод со склонов и способствующей понижению уровня грунтовых вод.

Основным источником водоснабжения ферм являются слабоминерализованные воды нижеустьинской свиты татарского яруса. Выгонно-пастбищные угодья водопоями обеспечены.

17. Вазжский — район развития полого-холмистых и увалистых моренных равнин, глубоко расчлененных эрозией, сложенных относительно мощной толщей моренных отложений, представленных валунными карбонатными суглинками.

Территория района хорошо дренирована, с густо развитой сетью рек и балок ($0,45—0,50 \text{ км/км}^2$), глубокими долинами рек, отличающимися широкими покатыми террасированными склонами, слабым развитием небольших переходных болот (менее 1%), развивающихся в понижениях рельефа, и спорадическим развитием слабообильных грунтовых вод.

В районе преобладают почвы нормального увлажнения (до 90%). Сельскохозяйственные земли приурочены преимущественно к приречным водораздельным участкам; почвы нормального увлажнения составляют 96% от площади пашни, в том числе 17,6% подвержено эрозии. В пределах выравненных участков, сложенных суглинистой мореной, почвы испытывают временное избыточное переувлажнение вследствие образования верховодки, не

связанной с грунтовыми водами. На склонах балок, где выклиниваются жесткие грунтовые воды, развиты почвы длительного избыточного увлажнения, занятые так называемыми «ключевыми» лугами.

В регулировании водно-воздушного режима нуждается 12,2% угодий, в том числе 11,5% сенокосов и пастбищ. Осушение должно осуществляться путем понижения верховодки ниже подпахотного слоя.

Водоснабжение ферм может осуществляться за счет использования речных вод, а в северной части — при использовании неглубоких слабоминерализованных вод нижнеустынской свиты татарского яруса. Выгонно-пастбищные угодья водопоями обеспечены.

18. Тарного-Кокшенгский — район развития плоских и волнистых озерно-ледниковых равнин, сложенных песками и супесями (часто двучленного профиля), реже моренными валунными опесчаненными суглинками, подстилаемыми на глубине 2—5 м и более пестроцветными пермскими отложениями.

Поверхность района хорошо дренирована, с обеспеченным почвенно-грунтовым стоком, густо развитой сетью ($0,6 \text{ км/км}^2$), преимущественно транзитных рек, с относительно неглубоко врезанными долинами (10—15 м), незначительным развитием болот преимущественно верхового типа, слабым развитием вод четвертичных отложений и относительно широким развитием слабоминерализованных неглубоких подземных вод пермских отложений.

Повышенная фильтрационная способность песчаных и супесчаных почв и густая сеть водотоков определили развитие почв нормального увлажнения (до 85% площади района). Окультуренные земли расположены на приречных водораздельных участках и надпойменных террасах рек; преобладают почвы нормального увлажнения (92%). Притеррасные пониженные участки поймы р. Кокшенги, занятые лугами, испытывают длительное переувлажнение. В осушительных мелиорациях нуждается 8% сельскохозяйственных угодий, в том числе 5,2% сенокосов и пастбищ. Осушение пойменных лугов должно осуществляться методом ускорения стока застойных паводковых вод и предотвращения подтока вод со склонов.

Водоснабжение ферм может развиваться путем использования слабоминерализованных подземных вод северодвинской свиты верхнепермских отложений с дебитом скважин более $1,4 \text{ л/сек}$.

19. Ида-Тотемский — район развития широковолнистых и холмисто-увалистых, реже плоских и холмистых моренных и озерно-ледниковых равнин, сложенных супесчаными или песчаными, реже суглинистыми отложениями, подстилаемыми на глубине 10—20 м пермскими отложениями.

Поверхность района хорошо дренирована, обеспечена поверхностным стоком и оттоком верховодки, отличается густо развитой сетью рек ($0,45 \text{ км/км}^2$) с хорошо разработанными террасированными долинами (развита вторая надпойменная терраса), слабым развитием болот (менее 2%) верхового, реже переходного типов и спорадическим распространением относительно обильных грунтовых вод.

В районе развиты почвы нормального увлажнения (до 75% площади района). Пахотные земли расположены на приречных водораздельных участках, реже речных террасах. Преобладают песчаные почвы нормального увлажнения (до 90%). На плоских участках, сложенных суглинистой морской, почвы, вследствие застоя поверхностных вод и образования верховодки, испытывают временное избыточное увлажнение (развиты подзолисто-глееватые почвы). В осушительных мелиорациях нуждается до 10% сельскохозяйственных угодий. Осушение путем отвода избыточных вод ниже подпахотного слоя.

Водоснабжение животноводческих ферм может осуществляться путем использования речных вод. Выгонно-пастбищные угодья водопоями обеспечены.

20. Городишно-Кичменгский — район полого-холмистых, увалистых, реже плоских моренных и озерно-ледниковых равнин, сложенных моренными, обычно карбонатными валунными суглинками или супесями либо озерно-ледниковыми песками, супесями, суглинками и ленточными глинами,

подстилаемыми на небольшой глубине пермскими породами, местами закарстованными (район распространения Сухонского вала).

Территория района среднеренирована и характеризуется негустой сетью рек ($0,30 \text{ км/км}^2$), отличающейся относительно узкими ($0,1—0,3 \text{ км}$) неглубокими (до $12—15 \text{ м}$) долинами (слабо развита пойменная и хорошо выражены две надпойменные террасы), развитием болот (заболоченность $8,2\%$) верхового типа с грядово-мочажинными комплексами, реже долинных ключевых болот (так называемые пендусины), развивающихся при подтоке жестких грунтовых вод. Грунтовые воды имеют прерывистое распространение и отличаются слабой обильностью.

В районе преобладают почвы нормального увлажнения (60% площади района). На выровненных участках, сложенных тяжелыми суглинками, развиты почвы временного или длительного увлажнения (32%). Сельскохозяйственные земли расположены, как правило, на дренированных приречных водораздельных участках. Преобладают почвы нормального увлажнения (90%). На выровненных участках вследствие застоя поверхностных вод развиты почвы временного избыточного увлажнения. В осушительных мелиорациях нуждается 10% освоенных земель, в том числе 7% лугов и пастбищ. Осушение должно осуществляться путем отвода избыточных вод ниже подпахотного слоя.

Водоснабжение ферм может осуществляться путем использования речных вод. Пастбища водопоями обеспечены.

21. Уфтюго-Ергский — район развития плоской, реже слабоволнистой абразивно-аккумулятивной озерно-ледниковой равнины с уклонами менее 1° , сложенной валуно-щебнистыми, часто опесчаненными суглинками, глинами (местами ленточными), супесями и песками на суглинистой морене, подстилаемой на глубине $2—3 \text{ м}$ и более пермскими отложениями, часто в пределах Сухонского вала закарстованными.

Поверхность района слабодренирована и характеризуется замедленным поверхностным стоком, слабо развитой речной сетью ($0,15—0,25 \text{ км/км}^2$), широким развитием верховодки, прерывистым развитием слабообильных грунтовых вод и широким распространением обширных водораздельных болот верхового и переходного типов (15% площади района).

Широкое развитие верховодки обусловило развитие почв длительного избыточного увлажнения (70% от площади района), представленных подзолисто-глеевыми, реже глееватыми почвами. Окультуренные земли расположены узкой полосой вдоль рек. Преобладают почвы нормального увлажнения (до 95%). Пашня не нуждается в осушении.

Водоснабжение ферм может обеспечиваться речными водами. Выгонно-пастбищные угодья водопоями обеспечены.

22. Приречный — район развития полого-холмистых, увалистых, реже плоских моренных аллювиальных и озерно-ледниковых равнин, сильно расчлененных эрозией, сложенных опесчаненной (абрадированной) или суглинистой мореной, аллювиальными супесями и песками и, в меньшей степени, озерно-ледниковыми суглинками и супесями, подстилаемыми суглинистой мореной.

Территория района хорошо дренирована и отличается густой речной и разрабатанной сетью в приречной полосе (до $0,65—0,77 \text{ км/км}^2$), хорошо разработанными глубокими и широкими террасированными речными долинами, с обширными старопойменными речными террасами и многочисленными островами в руслах рек, достигающими местами 18 км^2 , незначительно развитыми болотами низинного и переходного типов, преимущественно долинного, реже суходольного заболачивания и прерывистым развитием слабообильных грунтовых вод.

В районе преобладают почвы нормального увлажнения, составляющие до 79% от площади района (подзолистые и дерново-подзолистые почвы легкого механического состава). На слабоуклонных территориях, сложенных суглинками, развиты почвы временного избыточного увлажнения (глееватые и глеевые площадью до 20%). Сельскохозяйственные земли расположены на хорошо дренированных высоких речных террасах и приречных водоразделах. Преоб-

ладают почвы нормального увлажнения (около 78%). На выравненных водораздельных участках, сложенных суглинками, почвы испытывают временное (до 10 дней) избыточное увлажнение, обусловленное застоем поверхностных вод. В осушительных мелиорациях нуждаются до 2% пашни и 20% площади суходольных лугов. Осушение должно осуществляться путем отвода поверхностных вод в более глубокие горизонты почвенного профиля.

Водоснабжение ферм может осуществляться на использовании речных вод, местами грунтовых вод пермогорской свиты и вод аллювиальных отложений рек бассейна Юга.

23. Никольско-Рослятинский — район развития возвышенной волнистой, полого-холмистой и увалистой эрозивно-расчлененной равнины, сложенной моренными щебнистыми, карбонатными валунными супесями и суглинками и озерно-ледниковыми малощебнистыми суглинками и аллювиальными супесями и песками, подстилаемыми на глубине 10—12 м пермскими отложениями.

Территория района хорошо дренирована, характеризуется относительно густой сетью рек (0,68 км/км²), слабым развитием болот (до 0,5%) преимущественно низинного типа, приуроченных к долинам рек, реже переходных и верховых торфяников суходольного заболачивания. Грунтовые воды развиты спорадически.

В районе развиты почвы нормального увлажнения (до 79% площади района), представленные дерново-подзолистыми почвами. Сельскохозяйственные угодья расположены на высоких речных террасах и приречных водораздельных территориях. Преобладают почвы нормального увлажнения (до 75%). На выравненных водоразделах, сложенных суглинками, развиты почвы, испытывающие временное избыточное увлажнение (до 14 дней). В осушительных мелиорациях нуждаются 2% пашни и 23% площади суходольных лугов. Осушение должно предусматривать перевод избыточной воды в более глубокие горизонты почвенного профиля.

Водоснабжение ферм может осуществляться на использовании речных вод.

ГЛАВА XIV

КРАТКАЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ РЕК И ОЗЕР

Река Молога

Молога берет начало из лесного болота, расположенного в Калининской области, и впадает в Рыбинское водохранилище. Большая часть площади водосборного бассейна этой реки расположена в пределах Вологодской области и приурочена в основном к Молого-Шекснинской низменности, откуда стекают основные притоки Мологи: Кобожа и Чагодоша. Площадь водосборного бассейна р. Мологи составляет 29 019 км², считая выше Лентьева, заболоченность — 23% от площади водосбора, густота речной сети — 0,40 км/км².

Устьевой участок р. Мологи в связи с введением в строй Рыбинского водохранилища затоплен на значительном расстоянии. Затопленная часть долины называется Моложским плесом.

Долина реки в пределах области преимущественно трапециодальной формы с преобладающей шириной 1—2 км; хорошо прослеживается пойменная, луговая терраса, обычно односторонняя. На пойме встречаются заросшие озера-старицы, местами она заболочена. Русло реки почти неразветвленное, острова немногочисленны, местами встречаются невысокие пороги, образованные выходами известняков или сложенные валунно-щебнистым моренным материалом.

Питание, водный режим. Молога относится к типу рек преимущественно снегового питания. Объем весеннего половодья составляет до 65% годового. Весеннее половодье начинается в конце марта — начале апреля и достигает максимума 2,6—7,7 м над меженью в двадцатых числах апреля. Спад уровней под влиянием дождей растягивается до июня — июля, когда устанавливаются меженные уровни воды. Летняя межень наступает в конце июля — августа и продолжается до сентября. Кратковременные летние паводки бывают ежегодно и, как правило, не превышают 1 м. Наибольшие летние паводки достигают 2,6 м над меженью. Осенью имеют место подъемы уровней, вызванные дождями; подъемы воды в некоторые годы достигают 3,4 м над летней меженью. Зимняя межень устойчива и несколько повышена по сравнению с летней, что обусловлено обильным подтоком болотных вод.

Режим уровня в устьевом участке, где сказывается подпор вод Рыбинского водохранилища, обуславливается в основном режимом работы водохранилища. Высота уровня изменяется здесь в пределах 4 м. Нередко на этом участке наблюдаются обратные течения, вызванные подпорными и сгонно-нагонными явлениями Рыбинского водохранилища. Молога по водности занимает третье место после Сухоны и Юга. Средний годовой расход воды у г. Устюжны — 122 м³/сек. В весенний период расходы воды колеблются от 350 до 1000 м³/сек, а в многоводные годы достигают 2250 м³/сек. Наименьший сток наблюдается осенью, когда расходы воды снижаются до 7,82 м³/сек. Приток моложских вод в Рыбинское водохранилище составляет около 20% общего поступления речной воды в этот водоем.

Ледовый режим на р. Мологе имеет устойчивый характер; ледостав наступает в конце ноября, вскрытие — в начале апреля. Весенний ледоход проходит с заторами.

Химизм воды. Воды р. Мологи принадлежат к гидрокарбонатному классу и отличаются сравнительно небольшой минерализацией, не превышающей в зимнюю межень 300 мг/л. Характерной особенностью вод р. Мологи является большое содержание гуминовых соединений и солей железа, придающих воде темную окраску. Это объясняется характером питания основных притоков р. Мологи — Чагоды и Кобожи, которые дренируют районы, где расположены большие массивы торфяников. В зимние месяцы воды этих рек сильно обеднены кислородом и не-

редко обуславливают заморы рыбы в Рыбинском водохранилище. С обильным подтоком этих вод М. А. Фортунатов связывает большой замор рыбы, имевшей место в 1954 г. в Рыбинском водохранилище.

Эксплуатационная характеристика реки. Молога используется для судоходства. Регулярное судоходство осуществляется от устья до г. Устюжны. Ранее р. Молога входила в Тихвинскую водную систему, соединявшую Волгу с Балтийским морем. В настоящее время эта система утратила свое значение, и транзитное судоходство по ней не осуществляется. По Мологе сплавляется лес, преимущественно плотами.

Река Шексна

Шексна берет свое начало в юго-восточной части Белого озера и впадает в Рыбинское водохранилище. Эта река является звеном Волго-Балтийского водного пути, который после реконструкции стал частью единой глубоководной транспортной системы в Европейской части СССР.

Основная доля питания р. Шексны поступает из Белого озера. На своем пути она принимает воды из оз. Сиверское и ряда ручьев и небольших рек, из которых наиболее крупные Пигма, Сизьма и Ковжа. Длина реки — 136 км, площадь водосборного бассейна, включая и бассейн оз. Белого, — 19 000 км². Большая часть водосборного бассейна расположена в области древнеозерных низменных равнин и лишь частично в него входят юго-восточные склоны Андомских высот, северо-восточные склоны Вепсовской возвышенности и часть Мегорской возвышенности. Рельеф возвышенностей всхолмленный, что в сочетании с обилием малых озер нередко придает этой части водосборного бассейна типичный холмисто-озерный рельеф.

Там, где близко к поверхности залегают известняки, развиты карстовые процессы, выраженные в виде карстовых воронок, ям-опадей, периодически исчезающих озер (Куштозеро, Каинское и др.). Южнее Белого озера в собственном бассейне Шексны коренные породы обычно залегают глубоко. Река на всем своем протяжении протекает по озерно-ледниковой равнине и отличается сравнительно небольшой глубиной, простым трапециoidalным, а местами неясно выраженным профилем и слабым развитием террас. Террасы сохранились лишь местами; в пределах долины насчитывается до 4 террас — пойменная и три надпойменные. Последние прослеживаются на высоте 10—15, 20—25 и 35—40 м. Пойменная терраса преимущественно узкая (до 300 м), местами прерывистая. Ширина долины — от 1,5 до 4 км, уклон реки — 0,017‰. Густота речной сети — 0,29 км/км². Средний коэффициент извилистости реки — около 1,2.

Питание, водный режим. Шексна относится к типу рек пре

имущественно снегового питания. Однако в связи со строительством вододерживающей плотины величина весеннего стока р. Шексны относительно небольшая и составляет лишь 30% годового. Пик весеннего половодья обычно выражен слабо, половодье сильно распластано. Регулированием стока оз. Белого поддерживаются на р. Шексне высокие уровни воды в течение всего навигационного периода, когда стекает до 60% годового стока. Наивысший годовой уровень нередко отмечается в начале зимы и обусловлен сбросом в реку неиспользованных в навигационный период озерных вод. Летние и осенние дождевые паводки на р. Шексне, как правило, не выражены. Наиболее низкие расходы воды наблюдаются в зимние месяцы. Годовая амплитуда уровня воды возрастает вниз по течению (от 4 до 6—7 м).

По водности р. Шексна относится к разряду многоводных рек Вологодской области. Средний многолетний расход воды составляет 166 м³/сек (д. Черная Гряда); наибольший расход — 934 м³/сек (1955). Наименьшие расходы воды наблюдаются в марте — апреле и составляют около 10 м³/сек, а в некоторые годы, когда стока воды из озера не происходит, зимние расходы могут снижаться до 2,56 м³/сек (1940 г.). Средний приток воды из р. Шексны в Рыбинское водохранилище составляет 12,5% общего притока воды в водохранилище (Фортунов, 1959).

Ледостав на р. Шексне устанавливается в период с ноября по середину декабря. Вблизи истока он неустойчив. Вскрытие реки происходит обычно в середине апреля, часто с заторами.

Химизм вод. Воды р. Шексны принадлежат к гидрокарбонатному классу. Минерализация вод у д. Черная Гряда в зимнюю межень составляет 464 мг/л, а в летнюю межень — 130—190 мг/л. Понижение минерализации воды в летнюю межень обусловлено увеличением стока из озера и с болот, широко развитых в ее бассейне. В зимние месяцы резко возрастает содержание иона SO₄ — до 121,7 мг/л, или 24,6% экв, что связано с тем, что р. Шексна местами дренирует отторженцы гипсоносных известняков казанского яруса, залегающих на глубине 0,1—8,0 м от поверхности. Величина цветности воды р. Шексны во времени изменяется от 22 до 150°.

Эксплуатационная характеристика реки. На всем протяжении р. Шексны входит в состав Волго-Балтийского водного пути. Судоходство пассажирское и грузовое. Лесосплав исключительно плотовой, буксирный, преимущественно транзитный.

Река Сухона

Сухона — основная составляющая Северной Двины. Слиянием Сухоны и Юга образуется Малая Северная Двина. Сухона является крупнейшей водной артерией Вологодской области,

связанной через Кубенское озеро и Волго-Балтийский канал с бассейнами Белого, Балтийского, Каспийского и Азовского морей. Река Сухона, прорезая территорию многих административных районов центра и востока области, часть из которых лишена железных дорог, играет значительную роль не только в межрайонных, но и межобластных транспортно-экономических связях.

Начало Сухона берет из Кубенского озера, откуда вытекает двумя рукавами; один из них называется Сухоней, другой — южный, очень мелкий, заросший водной растительностью, называется Большим Пучкасом. Южный рукав, делая 20-километровую петлю, соединяется с основным руслом на 8-м километре от его истока. В 7,3 км от истока на Сухоне у д. Шера для регулирования стока в 1834 г. была сооружена плотина Знаменитая, предназначенная для улучшения судоходных условий реки путем попусков воды. В 1944 г. плотина Знаменитая была капитально реконструирована, и, начиная с навигации 1945 г., попуски воды были увеличены.

Бассейн Сухоны вытянут в широтном направлении — с запада на восток и отличается относительной симметричностью. Левобережная часть бассейна составляет 60%, правобережная — 40%. Длина реки — 558 км, коэффициент извилистости реки — 1,3; площадь водосбора — 50 300 км², что составляет примерно $\frac{1}{3}$ Вологодской области, средний уклон реки — 0,000 105. Из общей площади водосбора на долю Кубенского озера приходится 15 480 км², или около 30%. Акватория самого озера составляет 368 км². Притоки Сухоны многочисленны, но сравнительно невелики. Коэффициент густоты речной сети — 0,45 км/км². К системе р. Сухоны относятся 493 реки длиной 10 км и более (Антипов, 1960).

Поверхность водосборного бассейна Сухоны представляет собой волнистую равнину; в верхней части рельеф водосбора полого — и среднехолмистый, в средней — слабоволнистый или равнинный и в нижней части — среднехолмистый или плоский, сильно расчлененный древней эрозией. Ширина водосбора в верхней части 180—200 км, от г. Нюксеницы она сужается до 150—50 км. Рельеф верхней части бассейна обусловлен в основном ледниковой аккумуляцией и последующей эрозией, в остальной части — тектоникой и эрозионными формами коренных отложений, слабо прикрытых отложениями четвертичного периода.

Абсолютные высоты водосборного бассейна изменяются в пределах 150—175 м, и лишь на отдельных небольших участках они достигают 250 м; абсолютные же отметки уреза воды Сухоны изменяются в пределах 108—65.

Водоразделом между реками бассейна Сухоны и бассейна Северной Двины служит хорошо выраженная Сухоно-Вагская возвышенность, а между бассейнами Сухоны и Волги — небольшие слабо выраженные полого-волнистые междуречные возвы-

шенности. Водосбор почти повсеместно сильно залесен. Лесистость по долине бассейна изменяется от 50 до 80%. По гидрографическим особенностям Сухону от истока до устья можно разделить на три участка: 1) Верхняя Сухона — от истока до с. Наремы, протяжением 115 км; 2) Средняя Сухона — от с. Наремы до г. Тотьмы, длиной 170 км и 3) Нижняя Сухона — от г. Тотьмы до устья, протяжением примерно 273 км.

На первом участке Сухона протекает по плоской широкой низменности, представляющей собой древнюю озерную котловину, выполненную мощной толщей озерно-ледниковых отложений. Эта котловина, постепенно сужаясь, достигает устья р. Тотьмы и носит название на всем своем протяжении Присухонской впадины. Коренные породы залегают здесь на большой глубине и достигают 60—100 м от поверхности. Речная долина в верхнем течении слабо выражена, а за с. Селище она сливается с долинами рр. Вологды и Лежи. Ширина долины — до 3 км, а в районе впадения Вологды и Лежи увеличивается до 13—14 км.

В пределах первого участка Сухона течет в русле с низкими берегами, вдоль реки прослеживаются невысокие (до 1,0 м) и относительно неширокие прирусловые валы, носящие название здесь «бережина». Ширина бережины — 30—60 м. Бережина постепенно переходит в пониженную, заболоченную центральную и далее притеррасную часть поймы. Река на этом участке извилиста. Коэффициент извилистости — 1,6, а наименьшие радиусы кривизны — 100—150 м, что несмотря на достаточные глубины, сильно затрудняет судоходство. Весной Сухона разливается, образуя множество озер (Кеховское, Ивановское, Владычное, Марша и др.). Озера связаны между собой и Сухоной небольшими протоками, так называемыми пучкасами. Слабая дренированность территории, при обильном подтоке грунтовых вод и застаивании паводковых и дождевых вод, обусловила сильную заболоченность и заторфованность долины. Рассматриваемая территория располагает огромной площадью сенокосных угодий (до 80 тыс. га) и большими запасами торфа. Недостатком сенокосных угодий является их заболоченность, большая закустаренность и кочковатость (Харченко, 1960).

Берега и дно реки в основном сложены глинами и суглинками. В нижней части Верхней Сухоны имеются каменные гряды, образующие «Торопилов» перебор. Ширина реки — местами до 400 м, уклон реки — 0,000014. Малые уклоны в сочетании с более ранним вскрытием рек Вологды и Лежи обуславливают частое образование обратного течения Сухоны в Кубенское озеро. Это явление продолжается от 3 до 20 дней, причем наибольший расход Сухоны в Кубенское озеро в отдельные годы достигает 460 м³/сек (1902 г.). В летне-осенний период обратное течение наблюдается лишь в редкие годы после выпадения интенсивных дождей. Общая повторяемость этого явления 82% (Давыдов, 1955).

На втором участке — от д. Наремы до г. Тотьмы — Сухона, или, как ее называют, Средняя Сухона, протекает в более узкой древней озерно-ледниковой низине. Долина выражена более четко. Долина реки пойменная, ширина ее — до 3 км. Пойма имеет прерывистое, преимущественно одностороннее распространение. Ширина ее — до 500 м в местах крутых излучин увеличивается до 800 м. В русле часто встречаются галька и валуны. Последние распространены в виде отдельных крупных валунов — «одинцов», реже они встречаются в виде скоплений с галькой и слагают пороги — «переборы» (порог у с. Шуйское). Перекаты, как правило, песчаные, реже каменистые. Глубины воды на порогах и перекатах небольшие, что препятствует судоходству.

На этом участке широко распространены острова; последние располагаются обычно несколько ниже крупных притоков; наибольшая площадь островов — до 25 га. Наиболее крупные из них Дедов, Бабий и Внуков (расположены вблизи г. Тотьмы). Русло реки в пределах Средней Сухоны слабоизвилистое, коэффициент извилистости — 1,2, а наименьший радиус кривизны извилины (меандр) — 400—500 м. Подобная кривизна не препятствует судоходству. На этом участке река принимает 130 притоков. Средний уклон реки — 0,000041. Скорость течения — в среднем около 2,2 км/час (Петрашень, 1911).

В нижнем течении — от г. Тотьмы до устья — Сухона течет в узкой долине, проложенной между Сухоно-Вагской водораздельной возвышенностью, носящей название Сухонского Заволочья, и отрогами Северных Увалов. Долина Сухоны глубоко врезана и местами имеет каньонообразный характер. Высота склонов долины — 20—30 м, реже 50—80 м над меженным уровнем воды; к устью они снижаются до 15—25 м. Склоны часто террасированы; насчитывается до пяти-шести террас на высоте 3—4, 7—8, 10—12, 18—20, 25—27 м и выше 35 м. Пять последних террас древние, по-видимому ледниково-эрозионного происхождения. В образовании высоких террасовидных уступов, как отмечают геоморфологи, немаловажную роль играли и древние оползневые явления. Подобные уступы прослеживаются по Сухоне напротив с. Нюксеницы. Террасы, образованные Сухоной, развиты слабо; ширина их не превосходит 20—50 м. Пойменная терраса сложена преимущественно обломочным материалом известняка и мергелей, в устьевом участке — песком и галькой; валуны повсюду встречаются сравнительно редко. Ширина древних террас по мере движения к устью постепенно расширяется.

Склоны долины Нижней Сухоны расчленены многочисленными оврагами и мелкими речками, крупных притоков на этом участке насчитывается лишь 28. Притоки, как правило, в устьевых участках отличаются глубокими, часто каньонообразными долинами, свидетельствующими о недавнем перехвате этих рек

Сухоной (реки Уфтыга, Верхняя Ёрга, Нижняя Ёрга и др.). Средний уклон реки в межень — 0,00018; река слабоизвилистая, коэффициент извилистости — 1,1.

В русле обычны перекаты и пороги. Причиной их являются как структурные особенности (мелкая складчатость), так и россыпи валунов, скопившиеся в русле из размывов четвертичных отложений. Наиболее порожистый участок расположен у с. Опоки, где уклон достигает 0,0005. Перекаты и пороги характеризуются малыми глубинами. Скорость течения Нижней Сухоны по сравнению с верхней частью увеличивается. Резкое увеличение наблюдается на пороге Опоки, где она достигает в половодье 4—5 м/сек (Антипов, 1960). Такая скорость свойственна горным потокам.

Питание, водный режим. Сухона — река смешанного питания. По характеру водного режима она принадлежит к рекам восточноевропейского типа с основной фазой — весенним половодьем, в течение которого проходит до 59% годового стока. Весеннее половодье в верхнем течении начинается в конце апреля, а в среднем и нижнем течении — в середине апреля. Некоторое запаздывание начала половодья в истоках обусловлено более поздним вскрытием и поздним началом половодья на Кубенском озере. По мере движения к устью возрастает интенсивность половодья; подъем расходов воды и уровней становится более резким и кратковременным; возрастает высота половодья. Так, в верхнем течении наибольшая амплитуда уровней воды над наименьшим зимним составляет 6,62 м (с. Наремы); в районе Средней Сухоны — 9,41 м (д. Коченьга) и в нижнем течении — 12,12 м (в/п Скорятино) и 9,80 м (г. Великий Устюг). На подъеме паводка, в период прохождения весеннего ледохода, в пределах Средней и Нижней Сухоны почти ежегодно наблюдаются заторы, сильно искажающие ход уровня воды.

Продолжительность стояния расходов воды и уровней, близких к наивысшим, в некоторые годы в истоке составляет 10 и даже 20 дней (1916, 1940 гг.), а в нижнем течении — не более 2—3 дней. Неодновременное таяние снега в пределах водосборного бассейна, а также резкие понижения температуры воздуха вызывают часто чередование подъемов и спада воды. Половодье на Сухоне иногда имеет 2—3 подъема, сменяемых понижениями уровня воды. Спад весеннего половодья вниз по течению реки происходит более интенсивно, сокращается также период спада (рис. 19).

Столь резкое изменение характера весеннего половодья по длине реки обусловлено в первую очередь ослаблением регулирующего влияния Кубенского озера, а также изменением характера долины реки и поймы. В результате в верхней части, где велико влияние Кубенского озера и, кроме того, река имеет широкую долину, паводочная волна сглажена и более растя-

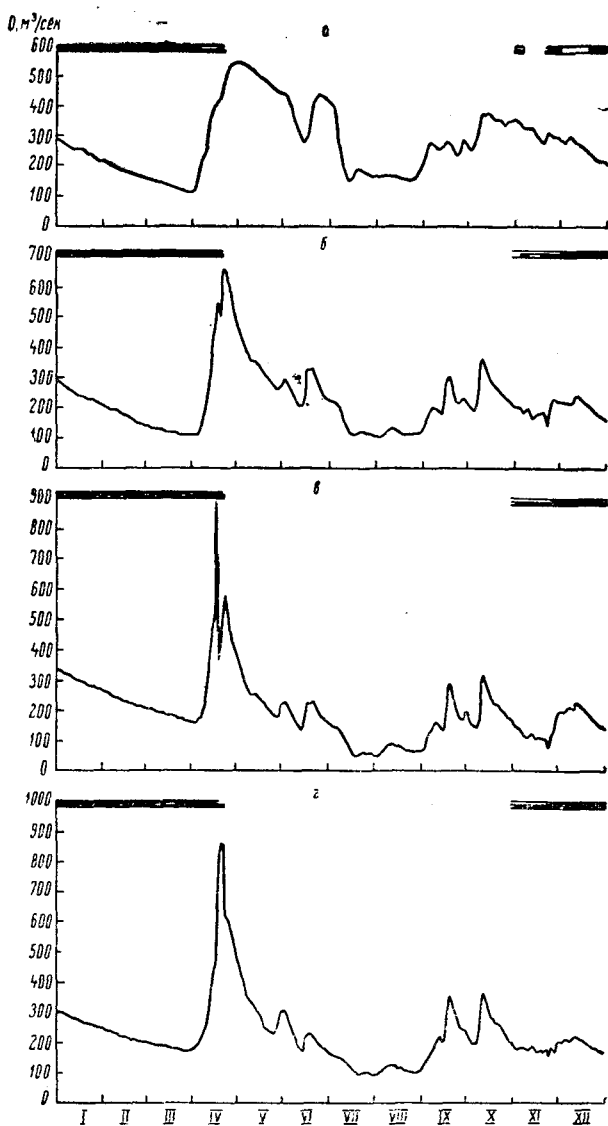


Рис. 19. График колебания расходов воды по длине
р. Сухоны за 1953 г.

а — у д. Рабаньги; б — у г. Тотмы; в — у д. Порог; г — у
г. Великого Устюга.

нута во времени, в нижней части, наоборот, возрастает пик половодья и уменьшается продолжительность его спада.

Относительно затяжной характер спада половодья на Сухоне, который заканчивается лишь в конце июля — середине августа, объясняется попусками воды через плотину из Кубенского озера. Попуски воды производятся в течение 5 дней с пятидневным перерывом. Подъем воды в реке достигает Великого Устюга через 11 дней после открытия плотины. Величина попусков увеличивается от 80 м³/сек в мае до 170 м³/сек в сентябре. Летняя устойчивая межень наступает в начале августа и продолжается до сентября. В пределах Верхней Сухоны резко выражено влияние попусков из озера, вызывающее подъемы уровня; в среднем и нижнем течении влияние попусков сглаживается. В отдельные годы межень нарушается дождевыми паводками, сопровождающимися подъемом воды не более 1—1,6 м над летней меженью. В редкие годы летние паводки достигают 3—4,4 м высоты (1888, 1938 гг.), когда происходит длительное затопление пойменных сенокосов.

Осенью ежегодно наблюдаются паводки, вызванные продолжительными дождями. Высота осенних паводков — обычно 1,5—2 м, максимальный подъем — 4 м в истоке (шлюз Знаменитый) до 6 м в среднем течении (д. Коченьга). Перед ледоставом уровни резко снижаются; некоторое повышение (на 0,3—0,6 м) наблюдается лишь в первые 10—15 дней после установления ледостава, и затем начинается постепенное снижение уровня воды вплоть до начала весеннего половодья.

Средний годовой расход Сухоны в верхнем течении, в створе д. Рабаньги — 146 м³/сек, что соответствует годовому слою стока в 290 мм, или модулю стока 9,2 л/сек. В среднем течении средний годовой расход у д. Камчуги составляет 361 м³/сек, у д. Калинино — 397 м³/сек, а в устье (вместе с Югом) — более 600 м³/сек.

Распределение стока по сезонам изменяется по длине реки, что обусловлено зарегулированностью ее стока. В верхней части течения основная доля стока проходит весной и летом, когда производятся попуски воды из Кубенского озера; в нижней части течения, где регулирование почти не сказывается, наибольшая доля стока наблюдается весной (в % от годового стока):

	Зима (XII—III)	Весна (IV—VI)	Лето (VII—VIII)	Осень (IX—XI)
У д. Рабаньги (верхнее течение)	9,5	50,8	20,0	19,7
У д. Калинино (нижнее течение)	8,6	60,3	12,5	18,6

Ледовый режим. Осенний ледоход начинается обычно в конце октября — начале ноября. Ледовые явления вследствие широтного расположения бассейна начинаются почти по всей Сухоне одновременно, в среднем 4—6 XI; некоторое исключе-

ние составляет верхнее течение Сухоны, где под влиянием малых скоростей течения и выноса более охлажденных вод и льда с северных притоков Кубенского озера осенний ледоход наступает на 10—15 дней раньше. Продолжительность осеннего ледохода в среднем и нижнем течении — 2—3 дня, в верхнем течении — 18—19 дней.

Наиболее ранние сроки осеннего ледохода — 10 X (шлюз Знаменитый), 16 X (Коченьга, Великий Устюг), наиболее позднее — 9 XII (шлюз Знаменитый) и 13—14 XII (Коченьга, Великий Устюг). Ледостав наступает через 15—20 дней; в верхнем течении (в среднем многолетнем) 9 XI, в среднем и нижнем течении 23—25 XI. Запоздывание сроков ледостава на Нижней Сухоне обусловлено увеличением водности потока и скорости течения. Наиболее раннее наступление ледостава на Сухоне отмечено 14 X, позднее — 31 XII. Вскрытие реки запаздывает в среднем на 15 дней по сравнению с календарными сроками установления положительных среднесуточных температур воздуха. Раньше вскрывается река в нижнем и среднем течении (21—22 IV), вскрытие в верхнем течении происходит на один-два дня позднее.

Продолжительность весеннего ледохода в верхнем течении — 12 дней, в среднем и нижнем — 5—6 дней. Весенний ледоход на ряде участков сопровождается заторами. Особенно большие заторы наблюдаются у с. Опоки и г. Великого Устюга, где подъемы воды достигли 10,5—9,4 м над нулем водомерного поста. Заторы нередко сопровождаются наводнениями, которые в 1761, 1895, 1903, 1914 гг. принесли большие убытки г. Великому Устюгу и ряду близлежащих населенных пунктов.

Наносы. Воды Сухоны большую часть года отличаются значительной прозрачностью и чистотой; среднегодовая мутность у д. Каликино — примерно 30 г/м³.

Химизм вод. Воды Сухоны на всем протяжении характеризуются сравнительно высокой минерализацией, составляющей зимой 450—600 мг/л, снижаясь во время половодья до 130—100 мг/л. Летом минерализация повышается до 200—250 мг/л. Высокая минерализация и общий химизм вод Сухоны объясняется значительным влиянием подземных вод пермских отложений, чему благоприятствуют сравнительно глубокий эрозионный врез речных русел в среднем и нижнем течении реки. В химическом составе воды преобладают HCO_3^- , относительно невелико содержание SO_4^{2-} и еще меньше Cl^- . Некоторое исключение составляет участок Сухоны ниже г. Сокола, где в речной воде содержится больше солей. Последнее обусловлено спуском щелочных вод Сухонским целлюлозно-бумажным комбинатом.

Эксплуатационная характеристика реки. По реке осуществляется товарно-пассажирское и буксирное судоходство. Для улучшения судоходных качеств реки, как уже отмечалось,

В 1834 г. построена плотина Знаменитая со шлюзом. В 1944 г. она капитально реконструирована, что позволило закрытие плотины производить на гребне половодья или же вскоре после него. Водохранилищем служит Кубенское озеро с площадью зеркала воды 422 км^2 . Накопленную воду постепенно выпускают в Сухону после спада половодья. С 1890 г. установлены пятидневные попуски воды с пятидневными перерывами. После окончания навигации плотину на зиму открывают.

Попуски воды из Кубенского водохранилища и ежегодные дноуглубительные работы позволяют поддерживать судоходство на Верхней Сухоне (исток — с. Наремы) в среднем 194 дня, Средней Сухоне (с. Наремы — г. Тотьма) — 182 дня и на Нижней Сухоне (гг. Тотьма — Великий Устюг) судоходство возможно только в весенний и осенний периоды. Судоходство по Сухоне затрудняется целым рядом препятствий, основным из которых является наличие перекатов и порогов, сильно меняющихся во второй половине лета. Перекаты и пороги на участке Нижней Сухоны составляют 24% длины этого участка. Наиболее неблагоприятным участком для судоходства является порожистый участок у с. Опоки. Не меньшее препятствие судоходству оказывают деформация, наличие крупных камней — «булыжников» и засоренность русла затонувшим лесом, а также извилистость и небольшая ширина фарватера, отличающегося в верхнем течении реки небольшими радиусами закругления. В целях более эффективного использования Сухоны как судоходной магистрали в течение всего периода возможной навигации требуется шлюзование, в частности у Опок.

Помимо судоходства Сухона используется для сплава леса. Сплав в пределах Верхней и Средней Сухоны производится плотовой. В течение всей навигации плоты леса буксируются вверх по течению к Сухонскому целлюлозно-бумажному комбинату. Длина плотов — 100—150 м, ширина — 4—6 м. В нижнем течении преобладает молевой сплав леса. Объем молевого сплава в некоторые годы достигает более 2 млн. м^3 . Силовых станков на Сухоне в настоящее время не имеется, однако потенциальные запасы водной энергии велики. Среднегодовая мощность Сухоны в устье (до впадения Юга) исчисляется примерно 220 тыс. *квт*.

Река Кубена

Кубена, самый крупный и многоводный приток Кубенского озера, вытекает из Верхне-Кубенского озера, расположенного на Онего-Кубенском водоразделе. Площадь озера — $0,04 \text{ км}^2$, берега озера преимущественно заболоченные и залесенные. Длина реки — 355 км, площадь водосбора — $11\,000 \text{ км}^2$. Притоки Кубены многочисленны, наибольшие из них р. Сямжена (длина — 108 км, площадь водосбора — 1938 км^2) и р. Сить (длина — 85 км, площадь водосбора — 1837 км^2).

Поверхность бассейна Кубены представляет собой в основном волнистую, плоскую и полого-холмистую равнину с высотами 150—180 м, реже 220—240 м. В верхней части течения рельеф бассейна преимущественно увалисто-холмистый, в средней части — полого-волнистый и в нижней части бассейн представляет собой плоскую, полого-волнистую равнину, переходящую близ устья в низменную плоскую равнину. Бассейн Кубены довольно равномерно покрыт лесом. Общая лесистость бассейна составляет около 70%, в том числе площадь заболоченного леса — около 40%.

Кубена в верхней части течения протекает в низких берегах в сравнительно узкой, слабо выраженной долине. В средней части течения долина расширяется до 2 км, высота склонов постепенно возрастает до 35—45 м. Русло слабо извилистое. На склонах долины хорошо выражены 3 террасы: пойменная и две надпойменные. Они не имеют повсеместного распространения. Ширина пойменной террасы — местами до 700 м. Надпойменные террасы, как правило, используются под пашни, поверхность террас завалунена. В нижней части течения долина расширяется до 5 км, высота склонов понижается до 15—7 м. Кубена имеет дельту — наносный равнинный участок в устье реки, прорезанный четырьмя протоками. Средний уклон реки — 0,00029. В среднем и нижнем течении река имеет много песчаных перекатов, островов и крупных камней. Скопления валунов образуют «переборы»; местами встречаются каменистые гряды, образованные в результате размыва моренных гряд. Все это препятствует использованию Кубены для судоходства.

Питание, водный режим. По характеру питания Кубена относится к смешанному типу с преобладанием снегового. По данным наблюдений, у с. Троице-Енальского доля снегового стока в среднем многолетнем составляет 70%, подземного — 11% и дождевого — 19% годового стока. Основная фаза в водном режиме Кубены — весеннее половодье, которое начинается обычно в первой декаде апреля и длится до конца мая или середины июня. В некоторые годы половодье сдвигается по времени в ту или другую сторону на 15—30 дней. Весеннее половодье отличается сравнительно резким подъемом и резким спадом высоких вод. Половодье при спаде несколько усиливается дождями этого периода. Волна половодья в нижнем течении Кубены обычно представлена 2—3 пиками, что обусловлено одновременным таянием снега, а также различной интенсивностью стока в отдельных частях водосборного бассейна, вследствие чего наблюдается разновременное поступление талых вод в Кубену со стороны притоков. Время наступления наивысших уровней запаздывает по длине реки на 2—3 дня.

Летняя межень довольно устойчива; в течение лета иногда проходит несколько дождевых паводков с подъемами уровней в нижней части течения до 0,5—1,5 м, реже — до 3—3,2 м над

меженью. Осенние паводки ежегодны, подъемы уровней воды достигают на этом участке иногда 2—3 м. Зимние уровни устойчивы и несколько выше летних межених. Наинизшие уровни наблюдаются летом, обычно в августе. Амплитуда уровней резко меняется по длине реки; у с. Троице-Енальского наибольшая амплитуда составляет 4,90 м, ниже по течению под влиянием вод притоков она возрастает, достигая у с. Кубенского 6,23 м, а у д. Горки (в 17 км от устья) — 5,87 м. В дельте Кубены режим уровней характеризуется некоторыми особенностями; здесь резко снижаются колебания уровней; кроме того, в устьевом участке на расстоянии до 15 км наблюдается колебание уровней сгонного и нагонного происхождения, с амплитудой уровней до 2 м. Нагоны происходят при северо-западных ветрах, сгоны — при северо-восточных.

Средний годовой расход Кубены у с. Троице-Енальского — 11,7 м³/сек, что соответствует годовому слою стока в 315 мм, или модулю стока в 10,0 л/сек · км². Наибольший весенний расход в 1953 г. у с. Троице-Енальского составлял 205 м³/сек, у с. Кубенского — 503 м³/сек и у д. Горки — 1080 м³/сек. Наименьший сток наблюдается, как правило, зимой, когда расходы воды у с. Троице-Енальского снижаются до 0,32 м³/сек (11 IX 1949 г.).

Ледовый режим. Осенний ледоход бывает не ежегодно. В некоторые годы на перекатах наблюдается обильное образование внутриводного льда (шуги). Наибольший шугоход отмечен в 1956 г. Ледостав наступает в середине—конце ноября. Вскрывается река во второй половине апреля—начале мая (25 IV—1 V). Весенний ледоход — 2—3 дня; в верхнем течении лед иногда тает на месте.

Химизм вод. Воды Кубены принадлежат к гидрокарбонатному классу и отличаются сравнительно малой минерализацией, достигающей в зимний период 400 мг/л, снижаясь в половодье до 51 мг/л. В летнюю межень минерализация воды повышается до 200 мг/л. В химическом составе вод Кубены преобладает НСО₃ (48% от общей суммы ионов), содержание SO₄ незначительное (1,3%). Жесткость умеренная и не превосходит 12 Н° (нем. град.).

Эксплуатационная характеристика реки. В настоящее время Кубена используется в основном для лесосплава и лишь частично для целей транспорта. Судоходство осуществляется только в нижней части течения реки: в половодье на расстоянии 30 км и в межень 4—5 км от устья. Судоходство товаро-пассажирское. Река Кубена и 12 ее притоков используются для сплава леса. Начальный пункт сплава расположен в 307 км от устья. Общий объем сплава по Кубене в некоторые годы достигает 980 тыс. м³ (1941 г.), в настоящее время — 450—600 тыс. м³. Сплав леса производится преимущественно весной, но иногда и осенью. В половодье первые 10—15 дней сплав

производят плотами, а в последующее время моле (россыпью). Конечными пунктами сплава по Кубене являются Кубенское озеро и ж.-д. станции Явеньга и Харовская. Наибольшими сплавными притоками Кубены являются: Сямжена (75—80 тыс. м³), Емба (50—60 тыс. м³), Вотча (30—35 тыс. м³), Катрома (30—35 тыс. м³), Яхреньга (25 тыс. м³), Пигома (20—30 тыс. м³) и Явеньга (15—20 тыс. м³).

Река Юг

Река Юг — вторая составляющая Северной Двины — берет начало с Волго-Двинского водораздела (северное окончание возвышенности под названием Северных Увалов). Этот водораздел слабо выражен и представляет выравненную среднерасчлененную слабо заболоченную и сильно залесенную поверхность. Заболоченность составляет 0,5%, лесистость — 80%. Наибольшие высоты Северных Увалов приурочены не к осевой части главного водораздела, а к водораздельным участкам рек второго и третьего порядка. Абсолютные отметки поверхности изменяются от 120 до 280 м над уровнем моря.

Река Юг берет начало из ключевого болотца. Длина реки — 574 км, площадь бассейна — 35 600 км². Бассейн реки сильно вытянут в широтном направлении, ширина бассейна изменяется от 45 до 150 км. Водораздел бассейна Юга, как правило, орографически выражен слабо. Узкая придолинная полоса, наоборот, сильно расчленена балками и оврагами и носит отчетливо выраженные черты водно-эрозионного рельефа. Густота речной и балочной сети — 0,60 км/км². Долина Юга повсеместно хорошо разработана, большей частью глубоко врезана.

В верхней части течения р. Юг протекает в узкой, сравнительно глубокой долине, среди небольших холмистых возвышенностей. Высота склонов долины местами достигает 60 м, склоны часто обрывисты, высота обнажений — 20—40 м. Склоны изрезаны оврагами, местами на них развиты оползни. Русло реки характеризуется обилием порогов и каменистых перекатов; уклон реки на первых 25 км — 0,004. По мере движения к устью ширина долины постепенно увеличивается, достигая в нижнем течении 3—5, а местами и 12 км. Склоны долины в среднем и нижнем течении, как правило, высокие, террасированные, сильно расчлененные балками. Прослеживаются четыре террасы: пойменная, I надпойменная на высоте 6—7 м, II надпойменная на высоте 10—15 м и III надпойменная на высоте 25—35 м. Ширина поймы по длине реки изменяется от 0,1 до 1 км. Пойма покрыта луговой растительностью.

I надпойменная терраса расположена на незатопляемых участках дна долины. Эта терраса не имеет широкого распространения, покрыта луговой растительностью и используется главным образом под выпас скота. II терраса прослеживается почти повсеместно, она имеет хорошо выраженный уступ и зна-

ительную ширину, достигающую местами 1—3 км. III терраса сохранилась местами. Обе последние террасы используются под пашни. Террасы сложены супесчаными, реже песчаными отложениями. В среднем и нижнем течении река становится более спокойной и извилистой, уклон реки на этом участке — в среднем 0,00025. Количество порогов резко уменьшается, в русле появляется много перекатов, отмелей и песчаных островов; наибольший из них остров Красный площадью 17,6 км² и остров Ожаров — 4,4 км². Острова ежегодно заливаются полыми водами; на них хорошо развивается луговая растительность.

Питание, водный режим. По характеру питания Юг относится к смешанному типу с преобладанием снегового. Для водного режима Юга характерно высокое весеннее половодье, обусловленное притоком талых и весенних дождевых вод. Половодье начинается обычно в середине апреля и длится до конца мая—начала июня, а в нижней части реки нередко и до конца июня. Половодье отличается сравнительно резким подъемом и спадом расходов и уровней воды. Паводочная волна обычно представлена несколькими пиками (2—4 пика), что обусловлено неодновременным таянием снега, а также различной интенсивностью таяния в отдельных частях водосборного бассейна (рис. 20).

Годовая амплитуда уровней воды в верховьях изменяется от 0,6 до 3,5 м, в среднем течении (ниже устья р. Б. Пеженги) — от 2,5 до 5 м и в нижнем — до 6,7 м. В летне-осенний период питание Юга происходит за счет дождевых и подземных вод. Дожди вызывают повышение уровня воды обычно на 0,5—1,0 м, в исключительных случаях, после обильных дождевых осадков, подъем воды достигает высоты весеннего половодья и вызывает кратковременное затопление поймы реки. Последнее приводит нередко к гибели заготовленного на поемных лугах сена. Повторяемость летних дождевых паводков в среднем многолетнем составляет 75%. В зимний период расход воды и уровни низкие и носят устойчивый характер. Незначительный сток зимой объясняется небольшими запасами грунтовых вод, обусловленных слабым развитием влагоемких четвертичных отложений, представленных преимущественно маломощной толщей песчано-глинистой морены и широким развитием слабоводообильных пород триасовой и пермской систем. Отложения первой системы представлены красными, красными или голубыми глинами с прослойками мергелей, а отложения перми — песчаниками, красными мергелями и глинами.

Средний многолетний годовой расход воды у с. Подосиновец — 117 м³/сек, а ниже устья Лузы, у с. Гаврино, — 308 м³/сек, что соответствует годовому слою стока 268 мм, или модулю стока 8,5 л/сек · км². Распределение стока в году крайне неравномерное. Большая часть стока приходится на весну

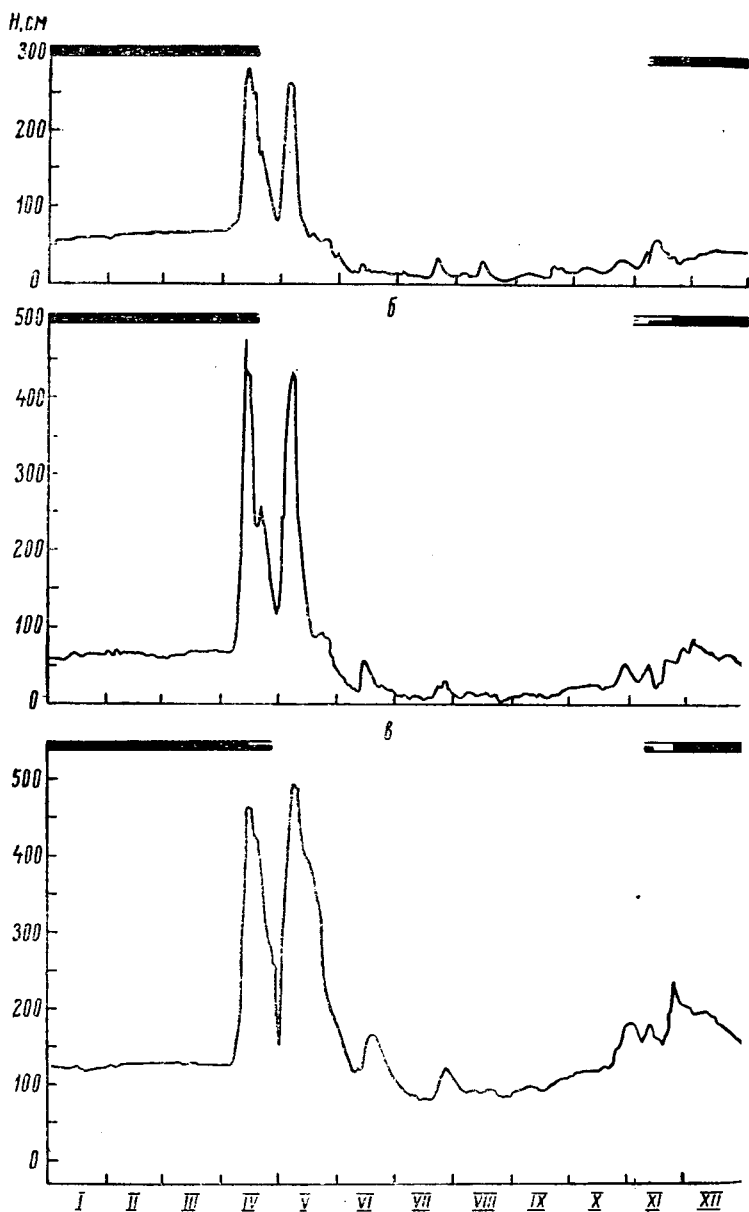


Рис. 20. График колебания уровня воды по длине р. Юг за 1948 г
а — у г. Никольска; *б* — у с. Подосиновец; *в* — у д. Гаврино.

(IV—VI) — 64,3%, сток лета (VII—VIII) составляет 10,3%, осени (IX—XI) — 17,4% и зимы (XII—III) — 8,0%. Средние годовые, наибольшие и наименьшие расходы реки растут вниз по течению. Наибольший расход у с. Подосиновец — 2100 м³/сек (3 V 1947 г.), наименьший — 11,2 м³/сек (21 XII 1937 г.); наибольший расход у с. Гаврино — 4820 м³/сек (7 V 1947 г.) и наименьший — 29,3 м³/сек (12 XI 1949 г.). Таким образом, расходы воды Юга после принятия Лузы увеличиваются более чем в два раза. Коэффициент стока составляет в среднем многолетнем 0,50.

Сток наносов и мутность. Наблюдения над наносами проводились не систематически. Судя по данным 3-летних наблюдений (1949—1951 гг.) у с. Гаврино, основная масса наносов по Югу проходит в период открытого русла. Наибольший твердый сток наблюдается в период весеннего половодья. В апреле 1951 г. он составлял 133 кг/сек при расходе воды 1060 м³/сек, что соответствует мутности 125 г/м³. Летние паводки даже при значительном жидком стоке сопровождаются относительно небольшими расходами взвешенных наносов, что обусловлено задернованностью почвы растительностью, предохраняющей ее от выветривания. Наименьшая мутность наблюдается с декабря по март, когда она не превосходит — 5—10 г/м³. Основной составляющей наносов являются глинисто-илистые частицы и песок; последний передвигается в виде влекомых и полувзвешенных наносов и слагает перекааты. Глинисто-илистые частицы обогащают пойменные луга питательными веществами, и лишь в особо многоводные годы пойменные террасы и острова заносятся песком, что резко ухудшает качество травостоя.

Ледовый режим. Осенний ледоход начинается в среднем в конце октября; наиболее ранний срок осеннего ледохода — 10 X (1940 г.), наиболее поздний — 19 XI (1936 г.). Ледоход обычно носит прерывистый характер. Ледостав наступает через 15—20 дней: в верхнем течении — в среднем 21 XI, в нижнем — 22—23 XI. Наиболее раннее наступление ледостава отмечено 27 X (1940 г.), наиболее позднее — 5 XII (1934 г.). Начало весеннего ледохода — в среднем 20 IV, наиболее раннее — 6 IV (1937 г.), позднее — 8 V (1941 г.), продолжительность ледохода — в среднем 3—4 дня.

Химизм воды. Воды р. Юга принадлежат к гидрокарбонатному классу. На всем протяжении реки они мало минерализованы, достигая в устье в зимнюю межень 250 мг/л и снижаясь на пике половодья до 45—50 мг/л. Для химического состава Юга характерно преобладание иона НСО₃ над всеми другими ионами в течение всего года. Содержание этого иона наименьшее во время весеннего половодья (20—35 мг/л) и наибольшее (175 мг/л) в зимнюю межень, когда река питается подземными водами. Воды Юга отличаются мягкостью и имеют жесткость, не превышающую 9 Н° (нем. град.).

Эксплуатационная характеристика реки. Юг судоходен на протяжении 360 км от устья. Судоходство осуществляется лишь во время весеннего половодья в продолжение 10—30 дней, в остальное время из-за мелководья, наличия перекатов река не судоходна. Судоходство товарно-пассажирское, суда поднимаются до г. Никольска (367 км от устья), чаще лишь до с. Кичменгский Городок.

Река и 28 ее притоков используются для сплава леса. Начальный пункт сплава расположен в 500 км от устья. Общий объем сплава по Югу в 1958 г. составлял 1056 тыс. м³. Сплав леса до г. Никольска производят обычно лишь весной, во время половодья, ниже по реке лес сплавляют и летом. Сплав леса, во время навигации производится в плотах буксирами, после навигации — только мелем. Наибольшими сплавными притоками Юга являются: Качуг, Ентала, Куданга, Кипшеньга, Шарженьга, Кичменьга, Пичуг, Шонга, Анданга, Большая Пеженьга и др. Энергетический потенциал р. Юг использован слабо: имеется небольшая гидроэлектростанция у г. Никольска мощностью 350 кВт и восемь ГЭС мощностью 25—80 кВт на ее притоках. На р. Юг возможно сооружение каскада низконапорных гидроэлектростанций.

Река Вага

Вага — приток Северной Двины — берет начало из небольшого болота на высоте 225 м на Ваго-Сухонском водоразделе, носящем название Сухонского Заволочья, и протекает в пределах Вологодской области на протяжении 175 км. Река собирает воду с обширных пространств Верховажского, Сямженского, Тотемского и Тарногского районов. Основными притоками Ваги в пределах Вологодской области являются: Двиница, Пежда, Кулой. К бассейну Ваги принадлежит и Кокшеньга, изливающая свои воды в Вагу через р. Устю. Коэффициент густоты речной сети — 0,47.

Большая часть бассейна Ваги в пределах области представляет собой плато со слабоволнистым, местами плоским или слабовсхолмленным моренным рельефом, приподнятым в междуречных пространствах в среднем на 145 м над уровнем моря. В пределах рассматриваемой области это плато переходит на севере в обширную низину, сложенную рыхлыми отложениями ледниковых бассейнов, преимущественно безвалунными песками. Речная сеть по склонам плато хорошо развита, реки протекают обычно в широких долинах с обширными поймами. Водоразделы их носят плоский характер, сильно залесены и частично заболочены. Лесистость бассейна в среднем составляет 70—75%, в том числе заболоченный лес — 21% и болота — 0,9—2%.

Вага почти на всем протяжении течет в хорошо выраженной глубокой долине; исключение составляют верховья (до устья

Режи), где река протекает в низких берегах и слабовыраженной долине. Ниже устья Режи Вага протекает то в коренных берегах, сложенных преимущественно пестроцветной толщей пермских отложений, то в пределах четвертичных озерно-ледниковых отложений. Преобладающая форма долины ящикообразная, высота склонов — до 50 м. Склоны долины здесь сильно расчленены хорошо развитыми системами балок и оврагов, которые придали узкой придолинной полосе местности глубоко эрозионный характер. Ниже впадения Терменьги Вага выходит в пределы древней впадины, высота склонов долины понижается до 20—15 м, ширина долины увеличивается местами до 4 км. На всем протяжении ниже Режи долина Ваги террасирована, имеются две террасы: пойменная — суглинистая на высоте 3—4 м и надпойменная — боровая, песчаная на высоте 8—14 м над меженным уровнем. Пойма обычно узкая, односторонняя, реже двусторонняя. Русло реки сильно извилистое, местами образует озеровидные расширения. Средний уклон реки в пределах Вологодской области — 0,85‰.

Питание, водный режим. Основная фаза в водном режиме Ваги — весеннее половодье. В этот период река приносит 66,3% (IV—VI), за лето (VII—VIII) — 8,4%, осенью (IX—XI) — 17,5% и зимой (XII—III) — 7,8% годового стока. Весеннее половодье начинается обычно в двадцатых числах апреля и характеризуется кратковременным и интенсивным подъемом уровней, достигающих максимальных значений в конце апреля — начале мая. Высокие уровни держатся обычно не более суток. Высота половодья от истока до устья Режи 0,3—0,5 м, ниже — 2,8 м. Спад весеннего половодья растянут и обычно сопровождается дождевыми паводками. Продолжительность весеннего половодья — 1,5—2 месяца. Летняя межень наступает в конце июня — начале июля и отличается относительной устойчивостью. Она часто нарушается дождевыми паводками, носящими кратковременный характер и сопровождающимися подъемами уровней не более 1 м над меженью. Повторяемость весенних паводков — 64%.

Осенние подъемы уровней повторяются ежегодно и в отдельные годы достигают 1,0—2 м над летней меженью. Зимняя межень устойчива, продолжительность ее 4—5 месяцев. Перед ледоставом наблюдается резкое снижение уровней, сменяющееся затем незначительным подъемом, после которого уровни быстро падают, достигая минимума перед весенним половодьем. Наинизшие зимние уровни несколько выше летних меженных (рис. 21).

Средний многолетний годовой расход Ваги у д. Филяевской составляет 112 м³/сек, максимальный — 1740 м³/сек (1953 г.) и минимальный — 12 м³/сек (1950 г.).

Ледовый режим. Осенний ледоход бывает не ежегодно. Начало осеннего ледохода — в среднем 4 ноября, реже в середине

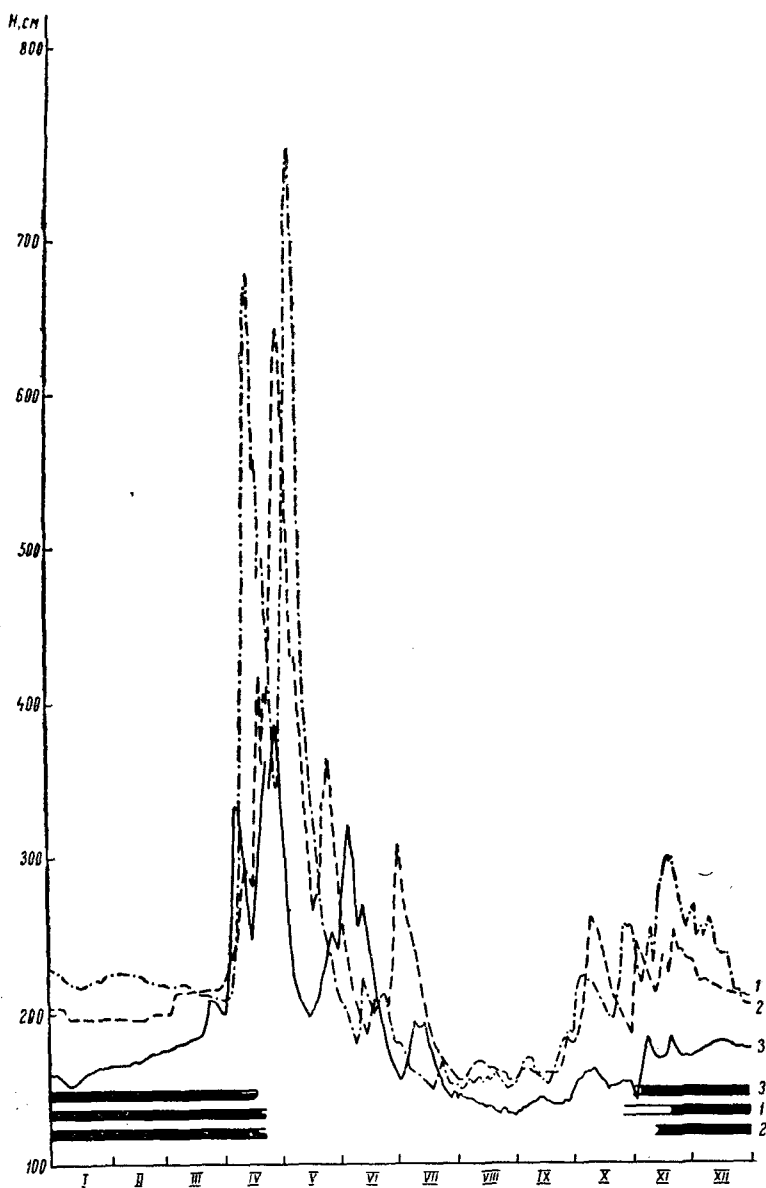


Рис. 21. График колебания уровня воды за характерные годы
(р. Вага у д. Филяевской, отм. «О» графика 59,70 м абс.).
1 — 1943 г.; 2 — 1948 г.; 3 — 1950 г.

октября. Ледостав наступает примерно 20 XI, в некоторые годы — в конце октября или начале декабря. Вскрывается река в среднем 23 апреля. Ледоход начинается обычно на всей реке одновременно и длится 2—5 суток, редко образуя значительные заторы.

Эксплуатационная характеристика реки. В настоящее время Вага в пределах Вологодской области используется в основном для сплава леса. Эпизодическое судоходство по реке в мае—июне осуществляется лишь в нижней части течения, т. е. в пределах Архангельской области. В редкие годы суда во время весеннего половодья достигают г. Вельска. Сплав леса начинается от устья Двиницы (в 500 км от устья). Объем сплава по Ваге в пределах Вологодской области составляет примерно 120 тыс. м³. Общий же объем сплава в устье Ваги составляет в некоторые годы 2 млн. м³. Река обладает значительным энергетическим потенциалом. На притоках Ваги—Реже, Двинице, Терменьге и Пежме—установлено 5 колхозных ГЭС мощностью от 30 до 80 квт каждая.

Белое озеро

Белое озеро расположено в южной части обширной Белозерской впадины и представляет собой остаточный озерно-ледниковый водоем, лежащий на окраинах Каспийского, Белого и Балтийского бассейнов. Это озеро относится к числу наиболее крупных озер Европейской части Союза: площадь его — 1125 км², длина — 43,6 км, ширина — 32,8 км, площадь водосборного бассейна — 13 960 км². По площади Белое озеро, после Ладожского и Онежского, уступает лишь Чудскому и Севану. Озеро отличается чрезвычайно простой округлой формой, малой изрезанностью береговой линии и небольшими глубинами, не превышающими 3—4,5 м. При очень высоком уровне глубина ложа озера достигает местами 5,5—5,7 м. При очень низком уровне глубина озера составляет 3,5—3,7 м (Мордухай-Болтовской, 1959). Исключение, как отмечает Н. А. Мосевич (1955), составляет несколько ям с большими глубинами, представляющими собой узкие воронки, заполненные илом. Глубина их достигает 16—17 м. Происхождение воронок, по мнению вышеуказанного автора, провальное, карстовое. В местах впадения рек развиты отмели; отдельные участки прибрежной отмели покрыты валунами.

Дно озера плоское, что придает ему вид тарелки. Область с глубинами менее 3 м, по данным Ф. Л. Мордухай-Болтовского (1959), составляет около 11% площади озера. Котловина озера, по-видимому, полностью выполнена и выравнена отложениями, что свидетельствует о том, что озеро находится в последней, старческой стадии своего развития. Дно озера покрыто тонкими глинистыми илами серого цвета.

Берега озера на большом протяжении низкие, местами заболоченные. Вследствие плохой защищенности озера от ветра и малых глубин оно почти не бывает спокойным: даже при небольших скоростях ветра озеро становится бурным. Последнее привело к необходимости прорытия судоходного канала в обход озера. Для характеристики ветровых волн могут служить данные Я. Б. Соколина (1960), проводившего наблюдения за волнением на оз. Белом. При скорости ветра от 8 до 14 м/сек,

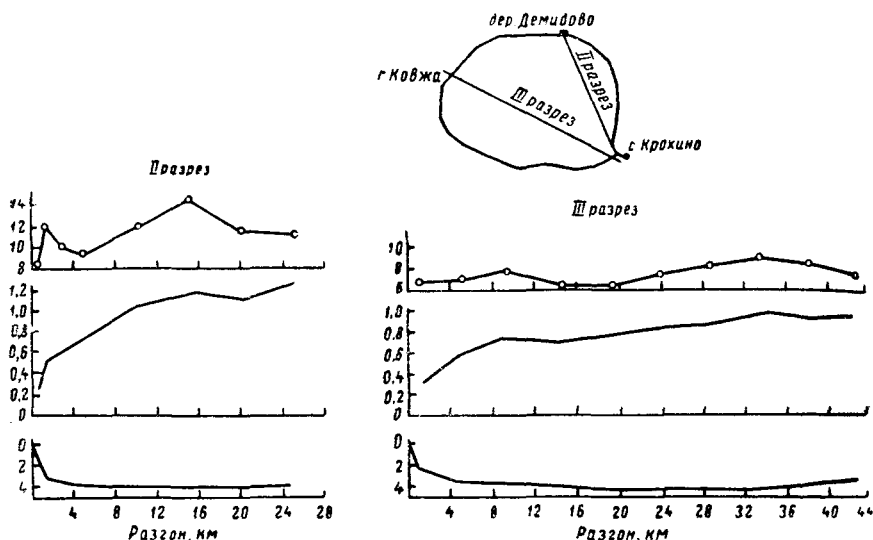


Рис. 22. Результаты наблюдений над высотой волн на волновых разрезах (расчет по Н. А. Лабзовскому).

повторяемость которого в безледный период до 10%, высота волны достигает 1,3 м, при скорости от 6 до 10 м/сек высота волны — до 1 м (рис. 22). Что касается расстояния разгона волны на оз. Белом, то оно определяется положением разреза наблюдений в плане, т. е. расстоянием от одного берега до другого.

Ветровые перемешивания взмучивают донные илистые отложения, которые придают воде серовато-белесый цвет. По мнению ряда исследователей, это явление послужило поводом к названию озера Белым. Побеление воды в озере под влиянием ветра происходит очень быстро, посветление же наступает значительно медленнее. При взмучивании и последующем оседании мути происходит коагулирование частиц, обуславливающих цветность воды Белого озера. Цветность воды в озере летом 60—50°, в то время как цветность воды рек, питающих озеро, — 100—105° (Ковжа, Кема). Снижению цветности озер-

ных вод способствует также и хорошая аэрация в течение всего безледного периода. Эти же условия, как отмечает Н. А. Мосевич (1955), способствуют довольно быстрому разложению в илах органических остатков.

Прозрачность воды в озере низкая; по данным М. Д. Дегтяренко (1959), она изменяется в летний период от 125—140 см в безветренную до 20—40 см в ветренную погоду. Незначительные глубины озера в сочетании с частыми ветренными погодами обуславливают перемешивание воды в безледный период. Вертикальное распределение температуры в Белом озере относительно однообразное. В открытой части озера температура летом достигает 20—18° и выше, зимой вода в озере сильно охлаждается до дна и имеет среднюю температуру около 2°. Несмотря на небольшие глубины, Белое озеро не зарастает водной растительностью, что также обусловлено частыми штормовыми погодами и отсутствием защищенных участков.

Оз. Белое — проточное. Основные реки, впадающие в него, — Ковжа и Кема. Суммарная площадь обеих рек составляет 9650 км², что соответствует 69,4% площади водосбора озера. Остальные притоки, число которых составляет примерно 31, незначительные как по длине, так и по величине расходов воды; часть из них летом пересыхает. Реки, впадающие в озеро с южной стороны, перехватываются Белозерским каналом. Средний годовой приток в Белое озеро составляет примерно 3,8 км³ с отклонениями в многоводный год до 6,3 км³, а в маловодный — до 2,4 км³. Основная масса воды поступает весной и составляет до 60% от годового. Сток из озера осуществляется через р. Шексну, средний многолетний сток которой составляет 129 м³/сек (1894—1958 гг.).

Водообмен Белого озера, по подсчетам И. Н. Арнольда (1925), происходит не более одного раза в год. Сброс из озера в Шексну регулируется Крохинской плотиной, расположенной у истока реки. С вводом в эксплуатацию водоудержательной плотины у с. Крохино (1892—1896 гг.) оз. Белое превращено в огромное водохранилище с объемом сливной призмы в один миллиард куб. метров. Это водохранилище осуществляет сезонное регулирование стока. Проточность озера относительно небольшая, приток воды примерно равен сбросу. Режим озера в отдельные годы зависит в основном от притока воды в озеро, который в свою очередь обуславливается гидрометеорологическими условиями данного года. Наибольший подъем уровня воды наблюдается весной — в конце мая—начале июня; иногда максимальные уровни наблюдаются осенью, после прохождения продолжительных осенних дождей. Подобное явление наблюдалось в 1928 г. Минимальные уровни наблюдаются обычно в сентябре—октябре, реже в марте—апреле.

Минимальные расходы осеннего периода обусловлены в основном сработкой Белого озера при малом притоке поверхност-

ных вод, а минимальные предвесенние — истощением грунтовых вод в бассейне. Максимальный уровень воды изменяется от 70 (1891 г.) до 322 см (1899 г.), амплитуда колебаний наибольших уровней составляет 252 см. Наименьшие значения уровня изменяются от 2 (1891 г.) до 151 см (1902 г.).

Белое озеро используется как водохранилище; регулярные попуски воды из него в безледный период улучшают судоходные условия р. Шексны. Одновременно это озеро имеет большое рыбохозяйственное значение.

Озеро Воже

Оз. Воже, или Чарондское, представляет собой остаточный озерно-ледниковый водоем, расположенный в огромной впадине, простирающейся далеко на север. Берега озера низкие, заболоченные. Оз. Воже имеет продолговатую форму, значительно суженую в южной части. Длина озера — 48,5 км, ширина изменяется от 5 до 16 км. На западном берегу озеро образует два залива, носящих названия: оз. Еломское и оз. Мольское. Площадь зеркала озера составляет 433,5 км², максимальная длина озера — 45,2 км, ширина — 18 км. На озере много островов, наибольший из которых Спасский площадью 1,2 км². Дно озера покрыто илом, местами оно выстилается сплошной каменной плитой, носящей название «луды». Нередко на дне оз. Воже встречаются скопления валунов в виде гряд, препятствующих судоходству.

Глубины озера на большей части составляют, по данным исследований Министерства путей сообщения, за 1899 и 1911 гг. 2—2,5 м, местами — до 5,3 м. Объем озера равен 1,13 км³. Питание озера происходит в основном за счет поверхностного стока. В озеро втекает около 20 водотоков, наибольшие из которых Модлона, Вожега и Елома. Площадь водосборного бассейна — 5680 км², заболоченность — около 32%, озерность — 0,9% (без площади оз. Воже), густота речной сети — 0,22 км/км². Озеро проточное; из него вытекает р. Свидь, которая соединяет Воже и Лаче в единую водную систему.

Колебания режима озера достаточно полно характеризуются гидрометрическими данными по р. Свидь (см. рис. 3). Средний подъем уровня на р. Свидь во время половодья составляет 134 см над меженью, многолетняя амплитуда уровня — 279 см. Наибольший уровень наблюдался в мае 1903 г. и составлял 369 см, а наименьший в марте 1920 г. — 90 см над нулем графика. Интенсивность нарастания половодья — 5—6 см, а интенсивность спада — 3—4 см в сутки.

Озеро Кубенское

Озеро Кубенское принадлежит к бассейну р. Северной Двины (бассейн Белого моря). Это остаточный озерно-ледниковый

водоем, занимающий некогда огромную площадь. Вдоль берега озера встречаются как современные, так и древние террасы и береговые валы. На пойменной террасе озера имеются обширные пространства сенокосных угодий, обычно затопленных до конца июня, вследствие подпора вод Сухонской плотиной.

Длина Кубенского озера — около 59 км, ширина — от 2,5 до 13 км; длина береговой линии — около 158 км. Площадь озера летом, при низком уровне, — 370 км² (Петрашень, 1911). Озеро имеет вытянутую форму в направлении с северо-запада на юго-восток. На севере и юго-западе берега его мало извилисты; в южной и северо-восточной части берега более низкие и больше изрезаны. Здесь имеется ряд заливов и мысов. Наиболее крупный залив — Токшинский, отделенный от озера узким перешейком, вследствие чего этот залив представляет собой почти обособленное озеро.

Глубина Кубенского озера, по исследованиям Петрашень (1911), не превышает в отдельных ямах 10—13 м. Наибольшие глубины расположены в центральной части водоема; кроме того, имеются две небольшие углубленные борозды в северо-западной и юго-восточной частях озера. Средняя глубина озера — 1,2 м, объем — 0,4 км³. Дно озера в прибрежной части покрыто песком, местами обогащено валунами, центральная часть — серым илом.

Интенсивное накопление илистых отложений на дне озера началось, по мнению Ф. К. Арсеньева, после постройки в 1834 г. плотины на р. Сухоне. Последняя задерживает весенние паводковые воды, обогащенные взвешенными наносами, и способствует осаждению этих отложений на дно озера.

Цвет воды в озере слегка зеленоватый, в районах устьев рек — бледно-коричневый. Прозрачность воды летом — до 2,7 м; в ветреную погоду прозрачность воды уменьшается из-за взмучивания ила (Титенко, 1955). Температура воды летом на поверхности — до 20° и более. Частые ветреные погоды, при небольших глубинах озера, обуславливают перемешивание воды, вследствие чего распределение температуры по глубине довольно равномерное. Ветровые децивелиации водной поверхности Кубенского озера более всего выражены в месяцы с интенсивной ветровой деятельностью и, по-видимому, могут достигать в отдельные дни 1 м и более.

Питание озера в основном определяется подтоком поверхностных вод. В озеро втекает более 25 рек, а со всеми ручьями число притоков достигает 80 (Петрашень, 1911). Площадь водосборного бассейна составляет 15 100 км². Бассейн расположен большей частью в пределах полого-волнистой Вологодской возвышенности. Озерность бассейна, не включая собственно Кубенское озеро, — 0,28%, заболоченность — примерно 13% от общей площади. Густота речной сети — 0,32 км/км². Наиболее крупные реки: Кубена, Уфтюга, Иода, Порозовица, Коя и Ель-

ма. Река Порозовица на всем протяжении судоходна и входит в систему Северо-Двинского канала. Сток из озера осуществляется через р. Сухону и регулируется плотинной Знаменитая.

Наибольшее количество воды озеро получает в весенние месяцы, когда приток составляет до 60% годового. Уровень воды при весенних паводках поднимается на 3—3,5 м выше меженного уровня. Зимние уровни понижаются на 0,5—1 м ниже меженного, что обусловлено открытием плотины на Сухоне после окончания навигации. Общая амплитуда колебаний уровня воды в течение года составляет 4,5 м (см. рис. 2).

Ледостав на Кубенском озере наступает в начале ноября, продолжительность ледостава — от 162 до 177 дней. Толщина льда, как отмечает И. С. Титенко (1955), изменяется в зависимости от высоты снежного покрова и составляет от 54 (1951 г.) до 88 см (1955 г.). Средняя продолжительность навигационного периода — 190 суток.

Кубенское озеро используется как для целей водного транспорта (прежде всего как ворохранилище для улучшения судоходных условий р. Сухоны), так и в качестве хорошего рыбохозяйственного угодья.

ЛИТЕРАТУРА

- Агроклиматический справочник по Вологодской области. Вологда, 1959.
- Алексеев Г. А. О методе расчета максимальных расходов и гидрографов паводков при отсутствии наблюдений. Метеорол. и гидрол., 1957, № 6.
- Антипов Н. П. О некоторых особенностях р. Сухоны. Сб.: «Вологодский край». Вологда, 1960.
- Арнольд И. Н. Материалы по описанию рыболовства на Белом озере. Изв. Отд. прикладной ихтиологии и научно-промысловых исследований, т. 3, вып. 1, 1925.
- Арсеньева Н. М., Л. К. Давыдов, Л. Н. Дубровина, Н. Г. Конкина. Сейши на озерах СССР. Изд. ЛГУ, 1963.
- Абрамова Т. Г., Г. И. Козлова. Карта растительности Вологодской области. Атлас Вологодской области, 1965.
- Бачурин Г. В. Максимальный сток весеннего половодья рек Северо-Западного района. Сб.: «Северо-Запад», вып. 1. Изд. ЛГУ, 1959.
- Бобровский Р. В. Растительный покров. Сб.: «Природа Вологодской области». Вологда, 1957.
- Борисов А. А. О климатообразующих факторах природы Вологодской области. Вестник ЛГУ, 1958, № 18.
- Вангенгейм Г. Я. Основы макроциркуляционного метода метеорологических прогнозов для Арктики. Труды АНИИ, т. 34. Л., 1952.
- Вернадский В. И. История природных вод, ч. 2, вып. 1—3. Л., ОНТИ, 1933—1936.
- Воскресенский К. П. Гидрологические расчеты при проектировании сооружений на малых реках, ручьях и временных водотоках. Л., 1956.
- Воскресенский К. П. Норма и изменчивость годового стока рек Советского Союза. Л., Гидрометеиздат, 1962.
- Геренчук К. И. Тектонические закономерности в орографии и речной сети Русской равнины. Изд. Львовского ун-та, 1960.
- Гуревич М. И. Элементарный приток в русловую систему и генетическая формула стока. Труды ГГИ, вып. 61, 1957.
- Гинсбург Н. С. Реконструкция Волго-Балтийского водного пути. Изв. ВГО, т. 94, вып. 3. М.—Л., 1962.
- Давыдов Л. К. Водоносность рек СССР. Л., 1947.
- Давыдов Л. К. Повторяемость интенсивности весенних половодий на реках СССР. Метеорол. и гидрол., 1947, № 3.
- Давыдов Л. К. Гидрография СССР, ч. 1, 2. Изд. ЛГУ, 1953, 1955.
- Данилевский Н. Гидрография Вологодской губернии. Вологодские Губернские ведомости, №№ 45—49, 1852; №№ 4—11, 16, 20, 22, 1853.
- Дворникова Л. Л. и А. П. Петров. Почвенная карта Вологодской области. Атлас Вологодской области, 1965.

- Дегтяренко М. Д. Материалы по гидрохимии Белого озера. Труды Ин-та биологии водохранилищ, вып. 2 (5). Изд. АН СССР, 1959.
- Качинский Н. А. Замерзание и влажность почвы в зимний сезон в лесу и на полевых участках. М., 1927.
- Козлова З. С. Динамика речных долин Вологодской области покровного оледенения на примере бассейнов рек Вытегры и Ковжи. Автореф. канд. дисс. ЛГУ, 1953.
- Кочукова Т. Н. Колебания годового стока рек СССР. Труды ГГИ, вып. 50 (104), 1955.
- Куделин Б. И. Береговое регулирование поверхностного стока. Докл. АН СССР, т. 21, вып. 1, 1950.
- Лаврова М. А. О стратиграфии четвертичных отложений Северной Двины от устья Ваги до Концегорья. Труды Советской секции международной ассоциации по изучению четвертичного периода, вып. 1. Л., 1937.
- Лебедев В. В. Подземные воды. Сб.: «Природа Вологодской области». Вологда, 1957.
- Лепихин А. М. Осушение и освоение новых земель. Вологда, 1951.
- Личков Б. Л. Основные черты классификации подземных вод. Исследования подземных вод, вып. 2. Изд. ГГИ, 1933.
- Личков Б. Л. О геологических условиях района сооружения верхневолжских гидротехнических узлов. Волгострой, 1936, № 1.
- Личков Б. Л. Происхождение Молого-Шекснинского междуречья и создание Рыбинского водохранилища. Волгострой, 1936, № 2-3.
- Львович М. И. Опыт классификации рек СССР. Труды ГГИ, вып. 6, 1938.
- Львович М. И., С. В. Басс и др. Водный баланс СССР и перспективы его преобразования. Изв. АН СССР, сер. геогр., 1961, № 6.
- Мордухай-Болтовской Ф. Д. и В. Н. Митропольский. Бентос Белого озера. Труды Ин-та биологии водохранилищ, 2 (5). М.—Л., 1959.
- Мосевич Н. А. Белое озеро. Сб.: «Рыболовство на Белом и Кубенском озерах». Вологда, 1955.
- Москвитин А. И. Молого-Шекснинское межледниковое озеро. Труды Ин-та геолог. наук СССР, вып. 88, сер. геол., № 26. М.—Л., 1947.
- Народное хозяйство Вологодской области. Статистический сборник. Вологда, 1961.
- Николаев Н. И. Новейшая тектоника СССР. Труды АН СССР по изучению четвертичного периода, т. 8. М.—Л., 1949.
- Норватов А. М. Минимальный сток малых рек Европейской территории СССР, Труды ГГИ, вып. 52, 1956.
- Огиевский А. В. Новая формула для вычисления весенних расходов в реках. Метеорол. и гидрол., 1938, № 3.
- Овчинникова А. И. Сопоставление различных методов расчета испарения. Вестник ЛГУ, 1960, № 24.
- Петрашень И. Материалы для описания русских рек и история улучшения их судоходных условий, вып. 28. СПб., 1911.
- Роде А. А. Почвенная влага. М., 1952.
- Россия. Под ред. П. П. Семенова-Тян-Шанского. Озерная область, т. 3. СПб., 1900.
- Садовский Г. Новый водный путь. Речной транспорт, 1964, № 7.
- Северин Н. А. По Северной Двине. Путеводитель по Сухоне, Вычегде, Северной Двине. М., 1957.
- Селянинов Г. Т. Климатическое районирование СССР для сельскохозяйственных целей. М.—Л., 1955.
- Семанов Н. А. Шлюзованные водные пути СССР. Л., 1953.
- Сердитов С. Н. Внутренние воды. Сб.: «Природа Вологодской области». Вологда, 1957.
- Соколин Я. Б. Некоторые результаты наблюдений за волнением на Белом озере. Труды океанографической комиссии, т. 9. М., 1960.
- Соколовский Д. Л. Речной сток. Л., 1952.
- Соллертинский Е. Река Кубена. Географический очерк. Вологда, 1922.

- Савинов Ю. А. и В. П. Романова. Геоморфологическая карта и карта четвертичных отложений Вологодской области. Атлас Вологодской области, 1965.
- Тилло А. Орография Европейской России на основании гипсометрической карты. Изв. Русского геогр. о-ва, т. 26, вып. 1, 1890.
- Титенко И. С. Рыбохозяйственное значение Кубенского озера. Рыболовство на Белом и Кубенском озерах. Вологда, 1955.
- Федоров Л. Т. Метод расчета максимальных расходов снеговых половодий для рек Европейской части СССР. Гидротехнич. стр-во, 1949, № 8.
- Федоров Л. Т. О грунтовом водообмене рек. Труды Гидропроекта, сб. 4. М., 1960.
- Филенко Р. А. Гидрологическое районирование относительно малых территорий на примере Вологодской области. Вестник ЛГУ, 1963, № 6.
- Фортунов М. А. Цветность и прозрачность воды Рыбинского водохранилища как показатели его режима. Труды Ин-та биологии, вып. 2 (5), 1959.
- Харченко А. С. Кормовые угодья Присухонской низменности. Сельское хоз. Северо-Западной зоны, 1960, № 1.
- Шарашкина Н. С. Исследования цикличности годовых величин речного стока применительно к задачам гидроэнергетики. Сб.: «Проблемы гидроэнергетики и регулирования речного стока». М., 1960.
- Шибанов А. Ф. Большой чертеж, или первая оригинальная карта всего Московского государства. Автореф. канд. дисс., 1947.
- Шнитников А. В. Изменчивость общей увлажненности материков северного полушария. Записки ВГО, нов. сер., т. 16. М.—Л., 1957.
-

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Глава I. Изученность поверхностных вод	5
Глава II. История формирования гидрографической сети	8
Глава III. Основные факторы водного режима и общая характеристика гидрографической сети	11
Глава IV. Водный баланс	17
Глава V. Водный режим	18
Глава VI. Норма стока и изменчивость годового стока	33
Глава VII. Внутригодовое распределение стока	45
Глава VIII. Максимальный сток	57
Глава IX. Минимальный сток	74
Глава X. Ледовый режим	78
Глава XI. Использование поверхностных вод	81
Глава XII. Особенности увлажнения земель	84
Глава XIII. Гидрологическое районирование	92
Глава XIV. Краткая гидрологическая характеристика основных рек и озер	102
Литература	129

Воды Вологодской области

Филенко Раиса Александровна

Редактор *Т. И. Петровская*

Обложка художника *Ю. В. Пушкина*

Техн. ред. *Е. Г. Учаева* Корректоры *В. А. Комлева* и *В. В. Сидорина*

Сдано в набор 30 XI 1965 г. М 20816. Подписано к печати 10 VI 1966 г.

Уч.-изд. л. 9,11. Печ. л. 8,25. Бум. л. 4,12. Формат бум. 60×90^{1/16}.

Тираж 680 экз. Заказ 268. Цена 80 коп.

Тематический план 1966 г. № 64.

Типография ЛОЛГУ. Ленинград, В-164. Университетская наб., 7/9.