

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РСФСР
ПО ОХРАНЕ ПРИРОДЫ
АРХАНГЕЛЬСКИЙ ОБЛАСТНОЙ КОМИТЕТ
ПО ОХРАНЕ ПРИРОДЫ

В. С. Кузнецов, И. В. Мискевич, Г. Б. Зайцева

ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА
КРУПНЫХ РЕК
БАССЕЙНА
СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ

К_р III 12263 17

В монографии описан гидрохимический режим одной из самых больших рек севера европейской части СССР Северной Двины и ее наиболее значительных притоков Сухоны и Вычегды. В ней отражена разномасштабная пространственно-временная изменчивость элементов солевого и газового состава, величин pH, БПК₅, ХПК и биогенных веществ, сделана ссылка на основные факторы, формирующие химический состав вод бассейна Северной Двины, их локальные особенности и связь с гидрометеорологическими процессами. Приведены данные по изучению самоочищающейся способности рек Вычегды и Северной Двины.

Проведенные исследования основаны на статистическом анализе, базирующемся на традиционных методах и непараметрическом подходе с использованием медианных оценок. Изложенный материал по уровню его математической обработки и полноте охвата не имеет аналогов по региону.

Монография в основном носит справочный характер и предназначена для гидрохимиков, гидрологов, гидробиологов, проектировщиков и других специалистов, занимающихся исследованием состояния и охраной водных ресурсов. Она также может быть рекомендована и широкому кругу читателей, интересующихся природой Севера.

ВВЕДЕНИЕ

Бассейн р.Северной Двины объединяет три практически самостоятельных бассейна: Северодвинский и бассейны рек Сухоны и Вычегды. Занимая огромную площадь (357 000 км²), бассейн реки простирается по территории Архангельской и Вологодской областей и Коми АССР и имеет важное значение для развития экономики этих административных частей Российской Федерации. Территория бассейна Северной Двины изобилует таежными лесами, болотными массивами, коренные берега основных наиболее крупных рек бассейна хорошо разработаны, глубины этих рек позволяют осуществлять судоходство в период открытого русла. Все это способствует интенсивному развитию на рассматриваемой территории лесозаготовок и отраслей, связанных с переработкой лесных ресурсов. Таким образом, реки бассейна Северной Двины играют важную роль в развитии лесных отраслей промышленности и, вместе с тем, являются нередко единственным источником водоснабжения городов, поселков и населенных пунктов, а так же водоемких предприятий целлюлозно-бумажной промышленности. Велико значение рек бассейна и для рыбного хозяйства страны, так как Северная Двина и ее притоки являются местом обитания и нереста благородного лосося.

В связи с широким использованием водных ресурсов бассейна Северной Двины в различных отраслях народного хозяйства, потребностью большого количества пресной воды для решения социальных вопросов и необходимостью сохранения природных ресурсов рек в целях возможного воспроизводства рыбных запасов возникает необходимость изучения региональных особенностей гидрологического и гидрохимического режима рек этого бассейна. Что касается гидрологического режима, то его основные черты по материалам многолетних наблюдений публикуются в самостоятельных выпусках Водного кадастра.

В специальных ежегодных изданиях имеются обобщенные материалы о химическом составе вод, однако цельного материала, включающего как характеристики гидрологического режима, так и материалы о химическом составе вод до настоящего времени не было.

Поэтому авторы настоящей работы поставили перед собой задачу проанализировать, обобщить и представить в виде, удобном для практического использования, материалы гидрохимических исследований, выполненных в последние годы в бассейне Северной Двины, сопроводив их гидрологической характеристикой. При этом следует иметь в виду, что авторы использовали материалы по гидрологическому режиму и химическому составу вод основных рек бассейна, опубликованные и имеющиеся в фондах Севгидромета.

Описание морфометрических и гидрологических особенностей дано в основном по опубликованным данным и является вспомогательным материалом к гидрохимическим характеристикам. Рассчитанные характеристики химического состава воды рек бассейна Северной Двины являются по

существу первыми материалами, отражающими различные пространственно-временные характеристики отдельных водотоков бассейна и относящимися к различным гидрологическим периодам. Характеристики химического состава вод получены с использованием современных методов статистической обработки и поэтому достаточно надежно могут быть использованы в проектных и научных работах.

В связи со статистической неоднородностью исходных материалов, послуживших основой для расчета статистических характеристик химического состава, таблицы составлены таким образом, что все имеющиеся характеристики временного ряда наблюдений, которые можно использовать в прикладных исследованиях, представлены в виде среднего и медианного значений и межквартильного размаха. В связи с этим в разделе, в котором дано сравнительное описание гидрохимического режима отдельных наиболее крупных водотоков бассейна, при описании концентраций химических веществ и соединений приведена статистическая характеристика (среднее, медиана, межквартильный размах) показателя, по которому дается описание.

Как гидрологическая и морфометрическая характеристики, так и статистические сведения о химическом составе сгруппированы по рекам Сухоне, Вычегде и Северной Двине. По этим водным объектам проводится также анализ условий формирования химического состава воды. В связи с особенностями, присущими устьевой области Северной Двины, для этого участка приводится обобщенный подробный анализ материалов гидрохимических исследований с использованием сведений о гидрологических особенностях приливного эстуария.

Анализ материалов исследований химического состава рек бассейна показал наличие региональных особенностей, которые представляют интерес для специалистов. Поэтому авторы сочли целесообразным поместить разделы, освещающие некоторые аспекты региональной гидрохимии рек бассейна Северной Двины.

По существу статистические характеристики показателей химического состава воды рек Сухоны, Вычегды и Северной Двины представляют собой результаты первого этапа исследований, выполненных авторами. В основном это обобщение и описание особенностей гидрохимического режима наиболее крупных рек бассейна, сопровождаемые достаточно исчерпывающей информацией о гидрологии и морфометрии этих рек. В перспективе планируется дополнить ранее полученные материалы о статистических связях между показателями химического состава и элементами гидрологического режима, исследовать эти связи и на основании полученных проработок глубже проанализировать условия формирования химического состава и состояния загрязненности рек бассейна Северной Двины, оценить степень влияния антропогенных и естественных факторов и сформулировать практические рекомендации по сохранению рек бассейна в условиях их интенсивного хозяйственного использования.

1. ОПИСАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДОВ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

В настоящей работе обобщены материалы многолетних наблюдений за химическим составом основных рек бассейна Северной Двины. При этом использованы данные химического анализа проб воды, отобранных в водотоках рассматриваемого бассейна в 1976–1985 гг., а в дельте Северной Двины – в 1967–1985 гг. Основным материалом наблюдений охватывает результаты химического анализа проб воды, отобранных на одной вертикали с поверхностного горизонта. Однако в ряде створов отбор проб производился на одной или двух вертикалях (0,3 ширины реки от правого и левого берегов) с поверхностного и придонного горизонтов. Пробы в большинстве створов отбирались 4–6 раз в год в основные фазы гидрологического режима, в нескольких створах – ежемесячно, а концентрация растворенного в воде кислорода в зимний период определялась значительно чаще. Практически все наблюдения выполнены сотрудниками Севгидромета. Информация о месте и сроках отбора проб воды приведена в табл. I.1.

Для оценки годовой изменчивости химического состава воды основных водотоков бассейна Северной Двины все материалы наблюдений сгруппированы по гидрологическим сезонам: зимняя межень (февраль – март), весеннее половодье (апрель – июнь), летняя межень (июль – август) и осенний период (сентябрь – октябрь). При несовпадении календарных сроков с выбранными гидрологическими периодами принадлежность материалов наблюдений к тому или иному периоду определялась отдельно в каждом конкретном случае с учетом гидрологических особенностей водотока. Таким образом, все данные приведены к практически однородным временным рядам.

При химическом анализе проб речной воды использованы следующие методы.

Гидрокарбонаты определялись методом обратного титрования раствором буре и потенциометрическим методом. Сульфаты определялись весовым и титриметрическим методом с солью овинца в присутствии дитизона. Хлориды анализировались аргентометрическим методом. Кальций определялся титриметрическим методом с комплексомом III, магний – расчетным путем при анализе жесткости комплексометрическим методом с хромогеном черным. Натрий и калий до 1980 г. получали в интегральном выражении расчетным путем по разности между суммой анионов и катионов, начиная с 1980 г. – методом пламенной фотометрии.

Значение pH определялось колориметрическим и потенциометрическими методами с использованием различного рода pH-метров. Кислород определялся иодометрическим методом с минимально определяемой концентрацией 0,05 мг/л.

Таблица I.I

Сведения по створам стационарных гидрохимических наблюдений на основных водотоках
бассейна Северной Двины

Водоток	Местонахождение створа	Номер поста, соответствующий номеру в таблицах приложений	Число		Внутригодовая периодичность отбора проб	Период наблюдений	Примечание
			вертикалей	горизонтов			
Сухона	Гидрологический пост (г/п) Рабаньга	I	3	I	До 1982 г. 7 раз в год, с 1982 г. ежемесячно	1877-1936, 1943-88	
	г/п Тотыма	II	I	I	7 раз в год	1963-69 1974-85	
	г/п Каликино	III	I	I	"	1975-83	
Вычегда	г/п Малая Кужоа	I	I	I	"	1973-75 1977-85	Закрит в 1984 г. БПК ₅ с 1984 г.
	д.Пычим	II	3	I	"	1970-85	
	г/п Межог	III	I	I	"	1975-85	
	с.Лименда	IV	I	I	4 раза в год	1975-85	
							Ведомственный створ (СЭС, Северьовод)
Северная Двина	г/п Котлас	I	I	I	7 раз в год	1975-85	
	г/п Абрамково	II	I	I	То же	1972-85	
	Усть-Пинега, I км выше впадения р.Пинеги	III	I	I	4 раза в год	1974-85	Закрит в 1985 г.

Водоток	Местонахождение отвора	Номер поста, соответ- ствующий номеру в табли- цах при- ложений	Число		Внутригодовая периодичность отбора проб	Период наблюдений	Примечание
			вер- ти- ка- лей	го- ри- зон- тов			
Дельта Север- ной Двины	Железнодорожный мост (г.Архан- гельск)	IV	2	I	С 1977г.ежедекад- но, до 1977 г. 4-5 раз в год	1967-85	
	Никольс- кий рукав	I	2	2	Ежемесячно в 1984-1985 гг., 4-5 раз в год в 1967-1983 гг.	1967-85	Биогенные веще- ства и ХПК с 1974 г.
	Мурманский рукав	II	I	I	4-5 раз в год	1967-85	То же
	Корабельный рукав	III	I	I	4-6 раз в год	1962-85	То же За 1970-1972, 1975-1976 гг. наблюдения от- сутствуют
	п.Конвейер	IV	I	I	4-5 раз в год	1967-85	Биогенные веще- ства и ХПК с 1974 г.
Протока Майма- рса	3 км ниже гид- ролизного завода	V	I	2	4 раза	1967-85	То же

Окончание таблицы I.I

Водоток	Местонахождение отвора	Номер поста, соответ- ствующий номеру в табли- цах при- ложений	Число		Внутригодовая периодичность отбора проб	Период наблюдений.	Примечание
			вер- ти- ка- лей	го- ри- зон- тов			
Протока Кузне- чья	порт Экономия	УІ	І	2	То же	1967-85	То же
	В 3 км ниже устья р.Юрас	УП	І	2	Ежемесячно в 1982-1985 гг. 4-5 раз в год в 1967-1981 гг.	1967-85	"
а	29-й лесозавод (4 км ниже вы- пуска сточных вод с очистных сооружений Соло- мбальского ЦБК)	УШ	2	2	Ежемесячно в 1982-1985 гг. 4-5 раз в год в 1967-1981 гг.	1967-85	Биогенные ве- щества с 1974 г.

Биохимическое потребление кислорода (за 5 сут) определялось окляночным методом при 20 °С после инкубации проб воды в темноте без доступа воздуха. Бихроматная окисляемость (химическое потребление кислорода) – методом окисления органических веществ бихроматом калия в кислой среде.

Кремний определялся фотометрическими методами с измерением желтой окраски кремнемолибденовой гетерополиокислоты или синей окраски кремнемолибденового комплекса, получающегося при ее восстановлении. Фосфатный фосфор определялся фотометрическим методом путем восстановления фосфорно-молибденовой гетерополиокислоты аскорбиновой кислотой с минимально определяемой концентрацией 5 мкг/л, общий фосфор – методом сжигания с персульфатом калия. Аммонийный азот анализировался методом с отгонкой при использовании реактива Несслера с минимально определяемой концентрацией 50 мкг/л. Следует отметить, что низкая чувствительность последнего делает его применение для анализа чистых природных вод мало репрезентативным. Нитритный азот определялся фотометрическим методом с реактивом Грисса, нитратный – путем восстановления нитратов до нитритов с помощью омедненного кадмия. Подробное описание использованных методов химического анализа дано в работе [21] .

В дельте Северной Двины в морских водах хлориды определялись argentометрическим методом, согласно пособию [20] . Основные солеобразующие ионы – упомянутыми методами с помощью разбавления (при необходимости) высокоминерализованных проб дистиллированной водой. Остальные ингредиенты анализировались с помощью методик, аналогичных указанным для речных вод.

С учетом структуры и объема массива эмпирических данных, отражающих изменчивость элементов гидрохимического режима рассматриваемых водотоков, была проведена статистическая обработка всех материалов наблюдений. Методические основы математического анализа гидрохимической информации описаны в следующем разделе.

2. МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ХИМИЧЕСКИМ СОСТАВОМ ВОД

Для пространственно-временной изменчивости большинства параметров гидрохимического режима водотоков доминирующими обычно являются их годовые и сезонные колебания. Для выявления закономерностей подобных природных ритмических процессов представляется целесообразным использовать методы теории периодически коррелированных случайных процессов (ПКСП) [9]. Согласно ее положениям, статистики, сформированные из отчетов, снятых через тот или иной период коррелированности процесса, позволяют оценивать соответствующие аддитивные составляющие вероятностных процессов. При этом необходимо, чтобы интервалы времени, разделяющие экспериментальные замеры, являлись целой частью данных периодов.

Для решения поставленных в настоящей работе задач при определении наиболее часто используемых статистических характеристик - выборочных математического ожидания и ординеквадратического отклонения - при привлечении теории ПКСП будем использовать следующие формулы:

$$\bar{C} = \frac{1}{N} \sum C(t+kT), \quad (2.1)$$

$$\sigma = \sqrt{\sum [C(t+kT) - \bar{C}]^2 / (N-1)}, \quad (2.2)$$

где $C(t+kT)$ - значение гидрохимического параметра для определенного месяца (сезона) t , изменяющегося с периодом коррелированности $T = 1$ год; $k = 0, 1, 2, \dots, N-1$; N - число наблюдений.

Представленные оценки положения (\bar{C}) и масштаба (σ) исследуемого показателя будут несмещенными и эффективными при нормальности ПКСП. Однако при существенном отклонении распределения ингредиента от нормального вида они теряют свою эффективность. Многие же гидрохимические параметры имеют "тяжелые" асимметричные "хвосты" в своих распределениях, обусловленные погрешностями аналитических методик, нерепрезентативностью выбора точки отбора проб воды и антропогенными эффектами. Определенный вклад в смещенность рассматриваемых оценок может также давать имеющаяся в некоторых случаях корреляция членов временного ряда из-за ограниченности объема натурных данных.

В этом случае целесообразно применять так называемые робастные статистические характеристики [10]. Наиболее простой из них, но вместе с тем наиболее эффективной для $N \leq 5$ и более эффективной по сравнению с математическим ожиданием для $N > 5$ является выборочная медиана [18], которая определяется следующим образом:

$$\hat{C} = \begin{cases} C_{i+1} & \text{при } N=2i+1 \\ \frac{1}{2}(C_i + C_{i+1}) & \text{при } N=2i, \end{cases} \quad (2.3)$$

где i — номер члена ранжированного ряда, образованного из ансамбля $\tilde{C}(t+kT)$.

Вместо робастными оценками масштаба в этой ситуации могут служить медиана абсолютных отклонений [18]

$$MAO = [C(t+kT) - \tilde{C}] \quad (2.4)$$

и межквартильный размах (разность между квартилями, или 25%-ными точками)

$$H = \text{верхний квартиль} - \text{нижний квартиль}. \quad (2.5)$$

Последняя, видимо, будет предпочтительной, так как несет в себе дополнительную информацию об асимметричности распределения.

Ориентацию в каждой конкретной ситуации на те или иные оценки в первом приближении можно осуществлять с помощью графика многолетних месячных (сезонных) изменений гидрохимического показателя. При наличии отклонений $\tilde{C}(t+kT)$ от \tilde{C} в виде полос более менее равной ширины целесообразно применять стандартные статистики. При наличии во временном ряду выбросов и отсутствии симметрии в распределении остатков $[C(t+kT) - \tilde{C}]$ лучше использовать робастные оценки.

Вычислив статистические характеристики для каждого месяца (сезона) в многолетнем разрезе, нетрудно построить соответствующий график внутригодового хода интересующего ингредиента. Он будет представлять собой квазистационарную вероятностную модель внутригодовой изменчивости рассматриваемого показателя, пригодную для успешного использования в прикладных целях.

Таким путем по всем рассматриваемым в настоящей работе отворам стационарных наблюдений были получены статистики гидрохимических параметров, которые представлены в табличной форме в приложениях. Основной упор при анализе имеющейся информации был сделан на качественное описание основных черт гидрохимического режима водотоков рассматриваемого региона с помощью статистических центральных моментов, вычисляемых по формулам (2.1) и (2.3). Кроме последних в приложениях даны оценки изменчивости процесса, рассчитанные с помощью формул (2.2) и (2.5), а также экстремальные значения исследуемых ингредиентов.

Другим подходом для оценки пространственно-временной изменчивости параметров гидрохимического режима водотоков может служить построение линейной регрессионной модели, отражающей наличие связи между гидрологическим фактором и изучаемым ингредиентом. Она значительно расширяет возможности анализа информации по химическому составу водных объектов при наличии большого объема гидрологических данных и является перспективным направлением в решении проблемы прогнозирования некоторых гидрохимических показателей.

уравнение, на котором базируется упомянутая модель, имеет вид

$$C = a + bX + \varepsilon, \quad (2.6)$$

где C - концентрация ингредиента в определенной точке водотока;
 X - значение гидрологического параметра в той же точке или (в виде интегральной характеристики) для определенного створа водотока;
 a и b - эмпирические константы, определяемые методом наименьших квадратов (МНК); ε - остаточный компонент, характеризующий отклонение расчетных значений от фактических.

При наличии нелинейности в связи C с X необходимо провести ее предварительную линейризацию с помощью элементарных функций. Данная процедура достаточно подробно описана в работе [6]. Следует отметить, что МНК будет оптимален лишь в случае, если ε не смещен, имеет постоянную дисперсию, некоррелированность и нормальное распределение. В этом аспекте предпочтительно искать вид регрессии не для всего ансамбля имеющихся значений C , а для $C(t+kT)$, обладающих наиболее малой взаимной корреляцией. Если в качестве X используются расходы воды реки, то для линейризации предпочтительно применять логарифмирование последних, ведущее к нормализации их распределения [8].

Критериями возможности использования регрессионной модели для прикладных целей могут служить следующие оценки, приведенные в работе [6].

Таблица 2.1

Критерии оценки качества статистических связей
и методов расчета по регрессионной линейной модели

Число членов ряда n	Коэффициент корреляции r	S_{CB} / σ_C	Категория качества
≤ 16	$\geq 0,91$	$\leq 0,40$	Хорошая
	$0,90-0,70$	$0,41-0,70$	Удовлетворительная
$16-24$	$\geq 0,89$	$\leq 0,45$	Хорошая
	$0,88-0,66$	$0,46-0,75$	Удовлетворительная
≥ 25	$\geq 0,87$	$\leq 0,50$	Хорошая
	$0,86-0,60$	$0,51-0,80$	Удовлетворительная

В данной таблице σ_C - среднеквадратическое отклонение C , а S_{CB} - среднеквадратическое отклонение расчетов ($S_{CB} = \sigma_C \sqrt{1-r^2}$). Величину ε при ее нормальном распределении можно оценить с помощью среднеквадратического отклонения расчетов с доверительной вероятностью 95% по формуле

$$S_{C(95)} = \sigma_C t_{95} \sqrt{1-r^2}, \quad (2.7)$$

где t_{95} - табличное значение критерия Стьюдента.

Далее, имея многолетние характеристики внутригодового распределения гидрологического параметра, нетрудно получить квазистационарную вероятностную модель поведения интересующего показателя. Можно также рассчитать определенные прогнозные оценки, если имеются данные об изменении гидрологического фактора в будущем. Следует отметить, что упомянутая модель, несмотря на свою относительную простоту, видимо, является наиболее оптимальной для водотоков региона. Переход к многомерным связям обуславливает появление жестких требований к взаимной нормализации и некоррелированности независимых параметров, что является весьма сложной задачей. В условиях ограниченности массивов эмпирических данных, не охватывающих, по крайней мере, несколько аномальных ситуаций, построение сложных вероятностных моделей может привести к ошибочным выводам.

В настоящей работе регрессионные модели использованы в основном для качественного описания связи исследуемых ингредиентов с речным стоком. В отдельных случаях даны и количественные оценки, а также рассмотрены их возможности для решения вопросов прогноза.

3. ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Гидрологическая характеристика реки включает в себя детальное описание водосбора, условий питания и водного режима. При описании водного режима использована характеристика основных гидрологических фаз по гидрологическим постам, расположенным в различных местах, отражающих режим конкретного участка реки. Дано описание региональных особенностей фаз гидрологического режима: времени наступления и окончания половодья, интенсивности подъема и спада уровней, характерных уровней и расходов воды, скорости течения и ледовых явлений. Показано распределение стока по сезонам.

3.1. Река Сухона

Река Сухона протекает по Вологодской обл. и является крупнейшей водной артерией в ней. Площадь водосбора Сухоны совместно с оз. Кубенским составляет 50 300 км², из них на долю водосбора озера приходится 14 700 км², что составляет 29,2%.

Водосбор реки вытянут в широтном направлении с запада на восток, расположен в пределах 58°35' - 60°50' с.ш. и 38°45' - 50°12' в.д. и имеет относительно симметричную форму (рис. 3.1). Левобережная часть водосбора составляет 60%, правобережная - 40%. На круговом графике показано распределение общей площади водосбора между ее притоками (рис. 3.2).

Длина самой Сухоны 558 км. Из притоков преобладают водотоки длиной 10-50 км - 6527 притоков, их общая длина 20 664 км, далее идут малые реки длиной 51-200 км, которых насчитывается 52 общей длиной 4357 км и 2 средних реки общей длиной 926 км. Таким образом, суммарная длина водотоков бассейна Сухоны 25 947 км. Коэффициент густоты речной сети 0,45 км/км². Коэффициент извилистости 1,3. (Нижняя Сухона - 1,1, Средняя Сухона - 1,2, Верхняя Сухона - 1,6). Средний уклон реки 0,21‰ (Нижняя, Средняя Сухона - 0,18, Верхняя Сухона - 0,27‰).

Поверхность водосбора представляет собой волнистую равнину. В верхней части водосбора рельеф пологий и среднехолмистый, в средней - слабоволнистый или равнинный, в нижней - среднехолмистый или плоский, сильно расчлененный древней эрозией.

Абсолютная высота водосбора изменяется в пределах 150-175 м, абсолютные высотные отметки уреза воды - 65-108 м.

Водосбор почти повсеместно покрыт лесом, его залесенность 60-85%, заболоченность 5-7%, озерность 1-3%.

Коренные берега Сухоны сложены глинной, суглинком, песчанками, местами переслаивающимися с известняками. На Верхней Сухоне берега низкие (5-7 м над меженным уровнем), ниже впадения р. Двиницы высо-

та берегов увеличивается и достигает 17 м, в районе Нижней Сухоны коренные берега возвышаются над меженным уровнем от 15 до 80 м.

Дно реки оложено плотными неразмываемыми грунтами: глиной о камнем, мергелем. Встречаются галька и гравий с валунами и лишь в устьевом участке—песок с галькой. Местами дно окалистое. На реке много порогов и перекатов: Торопылов перебор в нижней части Верхней Сухоны, порог Шуйский на Средней Сухоне. Наиболее порожистый участок у с.Опоки, в нижнем течении реки. Перекаты и пороги на нем составляют 24% длины участка. Большинство перекатов имеет каменное дно, глубины на порогах и перекатах небольшие.

Питание, водный режим

Сухона — река смешанного питания, преимущественно снегового. Водный режим ее характеризуется высоким весенним половодьем и низкой зимней меженью. В летне-осенний период нередко проходят дождевые паводки, особенно частые осенью, благодаря чему водность реки в летне-осенний период значительно больше, чем в зимний.

Распределение стока по сезонам изменяется по длине реки, что обусловлено зарегулированностью ее стока (табл. 3.1). В верхней части течения основная доля стока проходит весной и летом, когда проводят попуски воды из Кубенского озера; в нижней части, где регулирование почти не оказывается, наибольшая доля стока проходит весной.

Таблица 3.1
Распределение стока по сезонам, % годового

Пост	Зима (XII—III)	Весна (IV—VI)	Лето (VII—VIII)	Осень (IX—XI)
Рабаньга (верхнее течение)	8	58	20	14
Каликино (нижнее течение)	9,6	58	13,5	18,9
Тотьма	—	57	—	—

Ширина р.Сухоны колеблется от 75 до 450 м, при этом на Верхней Сухоне в среднем 75—200 м, на Средней Сухоне — 120—350 м, на Нижней Сухоне — 225—300 м.

Весеннее половодье, по средним многолетним данным, начинается в верхнем течении реки несколько позднее (12/IV), чем в среднем (09/IV). Некоторое запаздывание начала половодья в истоках обусловлено более поздним вскрытием и началом половодья на Кубенском озере.

В районе поста Рабаньга наиболее раннее начало половодья наблюдалось 22 марта 1882 г., наиболее позднее — 30 апреля 1929 г.

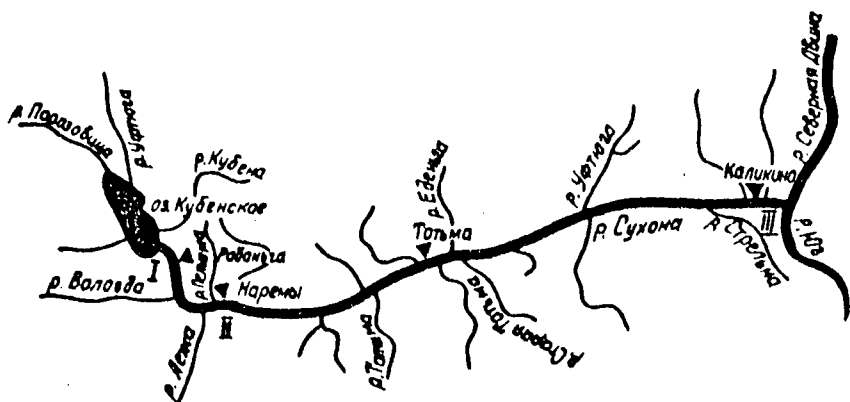


Рис. 3.1. Схема р. Сухоны.

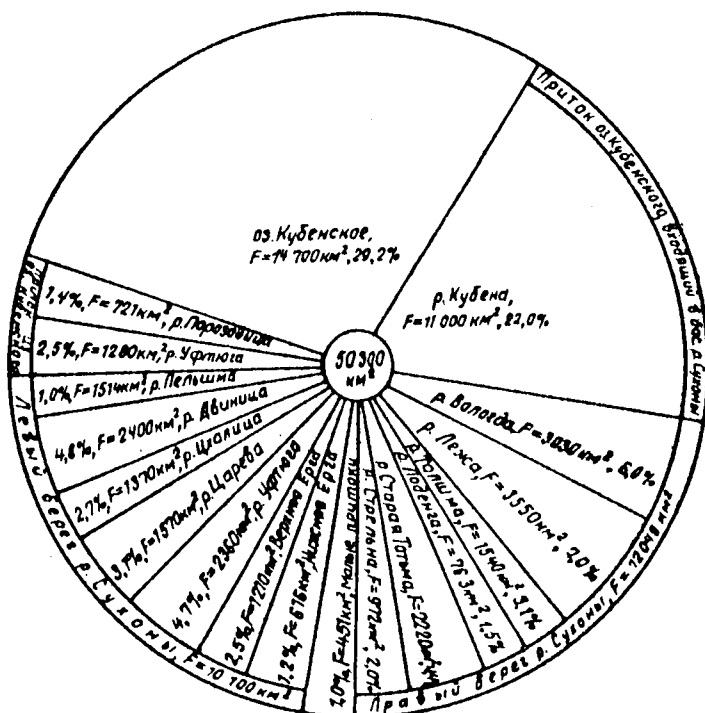


Рис. 3.2. Круговой график бассейна р. Сухоны.

По мере движения к устью возрастает интенсивность половодья: подъем уровней воды становится резким и кратковременным, возрастает высота половодья (рис. 3.3). В верхнем течении наибольшая амплитуда колебаний уровней воды половодья над наименьшим зимним (за многолетие) составляет 681 см у поста Наремы, 812 см в среднем течении Сухоны (Тотыма) и 983 см в нижнем течении (Каликино).

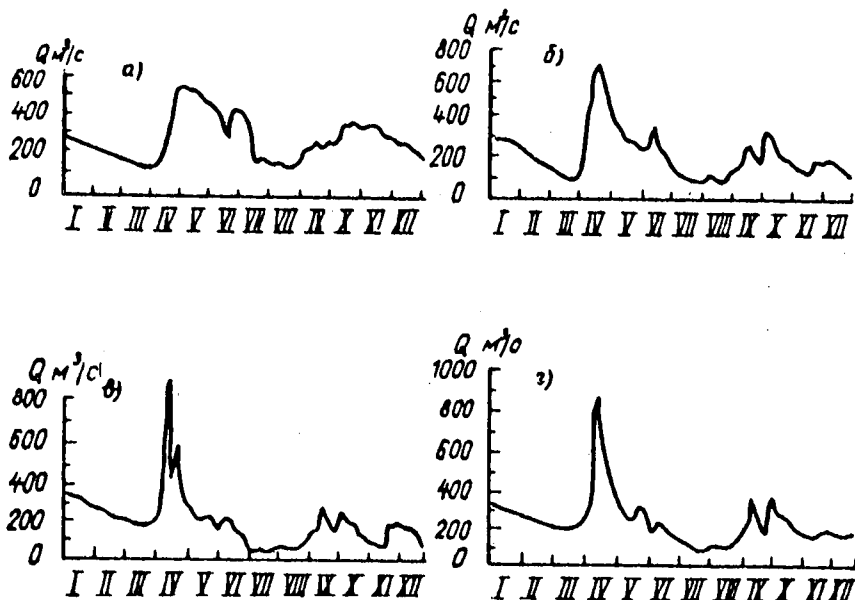


Рис. 3.3. Графики колебания расходов воды по длине р. Сухоны за 1953 г. по постам Рабаньга (а) - верховья, Тотыма (б) - среднее течение, Порог (в) и Великий Устюг (г) - низовья".

Среднегодовая амплитуда колебаний уровня составляет у постов Наремы 418 см, Тотымы - 514 см, Каликино - 591 см.

На подъеме паводка, в период прохождения весеннего ледохода, в пределах Средней и Нижней Сухоны почти ежегодно наблюдаются заторы льда, сильно искажающие ход уровней воды. Из-за неоднократного таяния снега в пределах водосбора, вызываемого резкими колебаниями температуры воздуха, половодье на Сухоне иногда имеет два-три подъема, сменяемых понижением уровня воды. Спад весеннего половодья вниз по течению реки происходит более интенсивно, сокращается период спада (см. рис. 3.3). Столь резкое изменение характера весеннего половодья по длине реки обусловлено ослаблением регулирующего влияния Кубенского озера, а также сужением долины реки. В результате в верх-

ней части, где велико влияние Кубенского озера и река имеет широкую долину, паводочная волна сглажена и более растянута во времени, а в нижней части, наоборот, возрастает пик половодья и уменьшается продолжительность его спада. Средняя продолжительность половодья составляет 80 сут.

Относительно затяжной спад половодья на Сухоне, который заканчивается во второй половине июля, объясняется попуском воды из Кубенского озера через плотину. Попуски воды производятся в течение 5 сут. с 5-суточным перерывом. Подъем воды на реке достигает Великого Устюга через 11 сут после открытия плотины. Попуски воды увеличиваются от 80 м³/с в мае до 170 м³/с в сентябре.

Годовой ход уровней воды за характерные годы с высоким пиком половодья, низкой и высокой меженью по постам Рабаньга и Наремы показан на рис. 3.4.

Основными факторами, определяющими весеннее половодье являются: запас воды в снеге к началу снеготаяния; интенсивность снеготаяния; условия стекания талых вод, связанные с характером почв, степенью их увлажнения и промерзания; интенсивность и сумма осадков в период снеготаяния, увеличивающие общий запас воды на водосборе и ускоряющие процесс таяния снега; испарение.

Максимальные расходы воды наблюдаются в период весеннего половодья. Наибольшие расходы воды половодья являются одновременно и наибольшими за год. Продолжительность стояния расходов и уровней, близких к наивысшим, в некоторые годы в истоке Сухоны составляют 10-20 сут (1916, 1940 гг.), а в нижнем течении - не более 2-3 сут (см. рис. 3.3).

Наиболее высокие значения максимальных расходов воды за период наблюдений отмечены в 1881, 1957, 1961 гг. и составляют соответственно 925 м³/с по посту Рабаньга, 2850 м³/с по посту Тотыма и 6520 м³/с по посту Каликино. Средний многолетний модуль максимального стока Сухоны составляет 14,9 л/(с.км²).

Среднегодовой расход в верхнем течении Сухоны по посту Рабаньга 142 м³/с, что соответствует годовому слою стока 288 мм или среднегодовому модулю стока 9,2 л/(с.км²). В среднем течении у поста Камчуга расход равен 361 м³/с, а в нижнем у поста Каликино он составляет 443 м³/с, что соответствует слою стока 276 мм и модулю 8,81 л/(с.км²).

Норма суммарного слоя стока за период весеннего половодья в среднем по трем описываемым постам составляет 155 мм. В период весеннего половодья наблюдаются наибольшие скорости течения за год, они составляют в верхнем течении 0,50-0,80 м/с, в среднем - 0,60-1,40 м/с, в нижнем - 0,60-1,40 м/с.

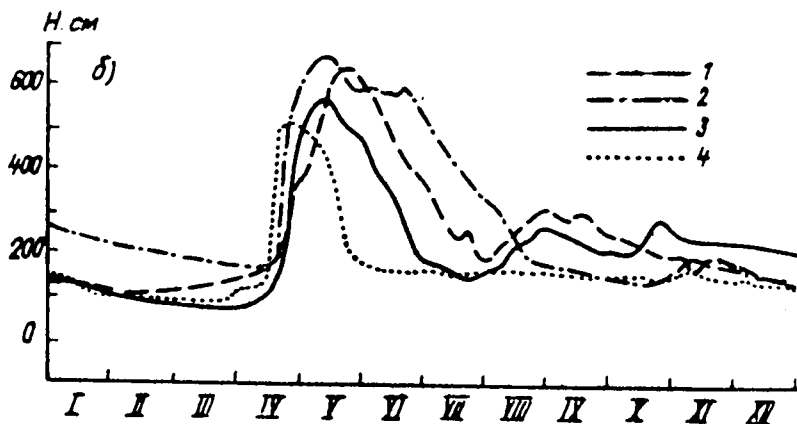
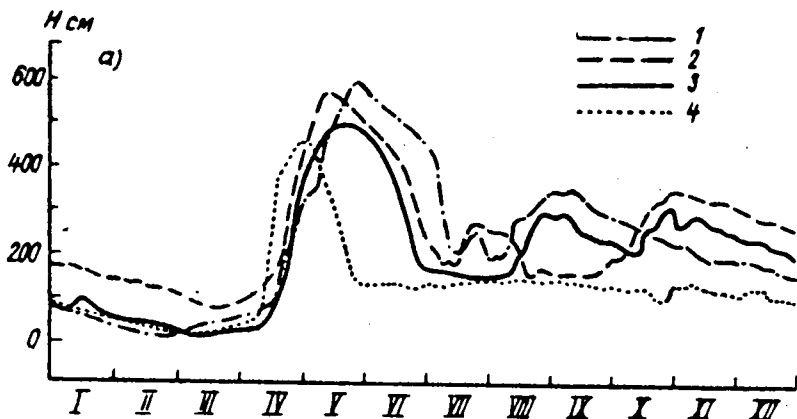


Рис. 3.4. Ход уровней воды р. Сухоны за характерные годы по постам Рабан'га (а) и Наремы (б).
 1 - 1961 г., многоводный; 2 - 1957 г. (а) и 1955 г. (б), высокий пик половодья и низкая межень;
 3 - 1956 г., средний пик половодья и высокая межень;
 4 - 1960 г., маловодный.

После окончания весеннего половодья наступает летняя межень, переходящая иногда в осеннюю. Летне-осенняя межень почти ежегодно прерывается одним или несколькими дождевыми паводками. Летне-осенняя межень, по средним многолетним данным, начинается в 20-х числах июля и закан-

живается в I-й декаде октября. Наиболее раннее наступление летней межени отмечено у поста Тотыма - 4 июня 1963 г. Наиболее глубокая межень обычно бывает в августе. Устойчивость и водность межени зависят от суммы осадков, времени их выпадения и от подземного питания, которых определяется в значительной степени водностью года и степенью зарегулированности реки.

В засушливые годы межень устойчива, длится 2,0-2,5 мес, в дождливые разбивается на отдельные короткие периоды, общая продолжительность которых может составлять всего лишь 0,5-1,0 мес. Минимальные летние уровни мало отличаются от зимних, являются низкими в году и сильно лимитируют использование рек для лесосплава и судоходства. Наиболее низкая за многолетие летняя межень наблюдалась в I-й декаде октября 1975 г.

Наименьший расход летней межени за многолетний период наблюдений отмечен в октябре 1980 г. и составил по посту Рабаньга $3,7 \text{ м}^3/\text{с}$, по посту Каликино - $31,1 \text{ м}^3/\text{с}$. Средний многолетний олоя стока летней межени по посту Каликино $31,4 \text{ мм}$, посту Тотыма - $31,8 \text{ мм}$ и равен соответственно 10,4 и 10,3% годового олоя стока. Скорость течения в межень в верховьях Сухоны 0,20-0,50 м/с, в среднем течении реки - 0,35-0,70 м/с, в нижнем - 0,5-1,0 м/с.

Дождевые летние паводки вызываются интенсивными ливневыми дождями и нарушают межень. Чаще наблюдаются один-два паводка продолжительностью одна-две недели. Вызываемые летними паводками подъемы уровня воды значительно ниже весенних, но в годы с относительно маловодными половодьями могут даже превышать весенние подъемы. Летние паводки отличаются большей интенсивностью нарастания, чем осенние, однако по значениям расходов воды они иногда уступают осенним. Осенние паводки, как правило, продолжительнее летних (60-70 сут).

По значениям максимальных расходов воды и олоя стока дождевые паводки меньше снеговых (весенних). Так, например, максимальный снеговой расход воды по посту Тотыма за многолетие составляет $2850 \text{ м}^3/\text{с}$, а дождевой - $1640 \text{ м}^3/\text{с}$, по посту Каликино снеговой расход воды равен $6520 \text{ м}^3/\text{с}$, дождевой - $2700 \text{ м}^3/\text{с}$.

Максимальные расходы воды за дождевой паводок и объем паводочного стока зависят не только от олоя осадков за дождь и его интенсивности, но также от предшествующей дождю увлажненности бассейна.

Наибольшие в году дождевые паводки наблюдаются в июне-июле и октябре. Средний многолетний максимальный модуль дождевого стока составил по посту Тотыма $47,1 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$, по посту Каликино - $54,9 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$.

Наибольшие за многолетие дождевые максимумы в 2-3 раза превышают средние их значения.

Зимняя межень начинается с первыми ледовыми явлениями (в конце октября – ноябре) и оканчивается с началом весеннего подъема еще до вскрытия реки (конец марта – начало апреля). Средняя продолжительность зимней межени 150–160 сут. Зимние уровни устойчивы. Перед ледоставом уровни резко снижаются, некоторое повышение на 0,3–0,6 м наблюдается лишь в первые 10–15 сут после установления ледостава за счет подпорных явлений и затем начинается постепенное снижение уровня воды вплоть до начала весеннего половодья. Наиболее низкими они бывают в период отсутствия подпора от ледяного покрова – перед началом весеннего ледохода и до начала снеготаяния.

Сток воды уменьшается к концу зимы по мере истощения запасов подземных вод. Слой стока за период зимней межени обычно составляет 20–40 мм, т.е. 8–10% годового объема. Наименьший расход воды зимней межени по посту Рабаньга отмечен в ноябре 1920 г. – 7 м³/с; по посту Каликино в марте 1950 г. – 17,6 м³/с.

Ледовые явления начинаются обычно в конце октября – начале ноября почти по всей Сухоне одновременно. Некоторое исключение составляют ее верховья, где под влиянием малых окростей течения и выноса более охлажденных вод и льда с северных притоков Кубенского озера осенний ледоход наступает на 10–15 сут раньше.

3.2. Река Вычегда

Река Вычегда протекает по территории Коми АССР и Архангельской обл. и является крупной водной артерией.

Водообор реки расположен между 59°55' – 64°30' с.ш. и 46°30' – 55°30' в.д. и имеет форму неправильного ромба. Его длина и наибольшая ширина совершенно одинаковы – 520 км. Сама же Вычегда ориентирована с востока на запад по 61–62-й параллелям. Левобережная часть занимает 46% водообора, правобережная – 54% (рис. 3.5).

Площадь водообора Вычегды составляет 121 000 км. На круговом графике показано распределение общей площади водообора между ее притоками (рис. 3.6).

Площадь водообора по длине реки нарастает равномерно, за исключением среднего течения реки, где она на небольшом расстоянии принимает сразу две самые большие реки Сысолу и Вымь, общая площадь водообора которых составляет около трети площади водообора Вычегды (рис. 3.7).

Длина Вычегды 1130 км. На всем протяжении Вычегды принимает 24 344 притока, их суммарная длина 74 368 км. Преобладают притоки длиной 10–50 км – 24 229 водотоков, их общая длина 62 350 км, далее идут малые реки длиной 51–200 км, которых насчитывается 106 с общей длиной 9170 км. Средние реки длиной 201–1000 км – 9 притоков, имеют общую длину 2848 км.

Коэффициент густоты речной сети $0,3-1,0 \text{ км/км}^2$, на наиболее заболоченных участках водосбора он составляет $0,3-0,4 \text{ км/км}^2$.

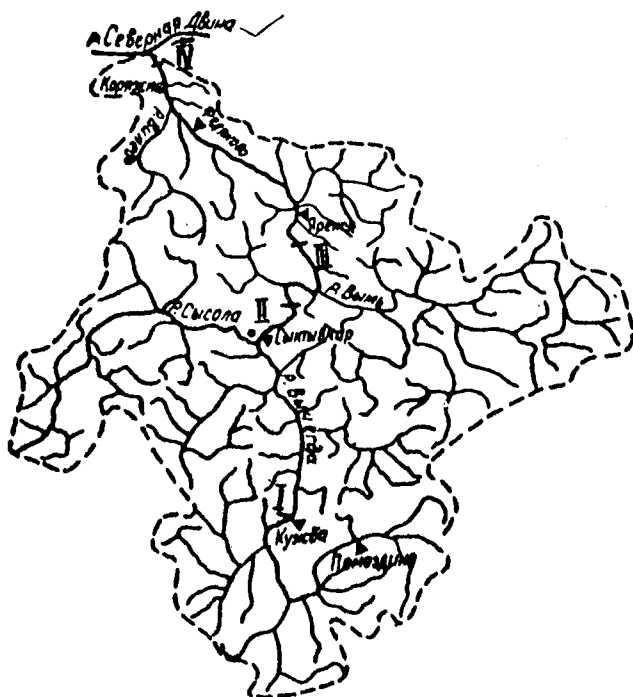


Рис. 3.5. Схема бассейна р. Вычегды.
I-IV - створы гидрохимических наблюдений.

Коэффициент извилистости сильно изменяется по всей длине реки и колеблется в пределах 1-2.

Вычегда является равнинной рекой, имеющей плавный продольный профиль и малые уклоны $0,31-0,70\%$.

Поверхность водосбора бассейна слабо пересеченная, равнинная, преимущественно плоскоувалистая на его восточной периферии, вдоль Тиманского края - слабо выраженная холмисто-грядовая.

Абсолютные высоты водосбора изменяются в пределах 173-218 м. Средний уклон водосбора $30,4\%$.

Водосбор Вычегды расположен в зоне тайги. Его общая залесенность составляет 95-98%, заболоченность 5%, озерность менее 1%.

Коренные берега Вычегды преимущественно супесчаные и суглинистые, но на участке от 297-го километра до устья сложены легко размываемыми песчаными грунтами с прослойками супесей, изредка каменистые.

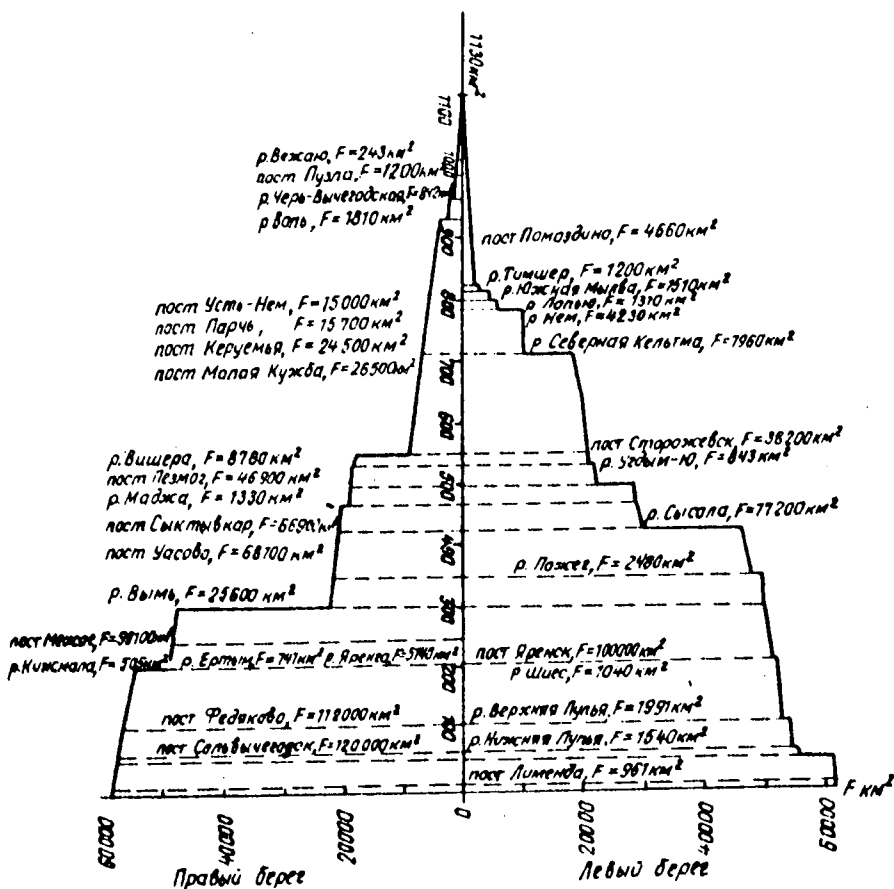


Рис. 3.7. График нарастания площади бассейна р. Вычегды.

Ширина русла Вычегды колеблется в широких пределах 40–600 м, при этом от истока реки до 963-го километра она равна 40–90 м, затем резко увеличивается до 200 м и далее ширина реки в межень колеблется от 200 до 600 м. На участке от устья р.Вьмь до впадения р.Ленки (от 297-го до 167-го километра) ширина реки изменяется часто от 200 до 700–800 м.

Питание и водный режим р.Вычегды

Основной источник питания Вычегды – талые снеговые воды, которые и обуславливают большой объем весеннего стока (57–65% годового объема). В летне-осенний период проходит 25–35% годового объема стока. В этот период река получает дополнительное питание от дождей, благодаря чему ее водность в летне-осенний период значительно больше, чем в зимний, когда атмосферные осадки не участвуют в стоке воды, а идут на образование снегозапаса. В период зимней межени сток составляет 10% годового объема.

В течение весеннего сезона наибольший объем стока приходится на май (около 40%). В летне-осенний сезон наибольший сток в июле за счет растаявшего спада половодья и в октябре за счет осадков, выпадающих в этом месяце чаще, чем в другие. В конце ноября – начале декабря река переходит на устойчивое грунтовое питание, сток плавно снижается до 1,7–2,1% в марте, что связано с истощением грунтовых вод и отсутствием оттепелей.

Норма годового модуля стока по длине реки колеблется от 8,77 до 10,3 л/(с·км²). В верховьях реки у с.Помоздина модуль стока наиболее высокий – 10,3 л/(с·км²), в среднем течении у г.Сыктывкара он составляет 8,89 л/(с·км²), в нижнем – 8,85 л/(с·км²).

Изменчивость годового стока по годам относительно невелика и характеризуется коэффициентом вариации 0,16–0,21. Отношение наибольшего наблюдаемого модуля годового стока к наименьшему по постам Вычегды составляет 1,8–2,8.

Годовой ход уровня воды характеризуется высоким весенним половодьем, формируемым талыми снеговыми водами; кратковременными дождевыми паводками; преимущественно малоустойчивой летне-осенней меженью и продолжительной устойчивой зимней (рис. 3.8).

Весеннее половодье начинается практически одновременно по всей реке в среднем 20–23 апреля. Наиболее раннее начало половодья наблюдалось в верхнем течении реки у с.Помоздина 29 марта 1951 г. Заканчивается весеннее половодье в основном во второй половине июня. Наиболее поздняя дата окончания половодья наблюдалась 30 июля 1928 г. у г.Сыктывкара и 30 июля 1976 г. у поста Федяково. Средняя продолжительность весеннего половодья в верхнем течении реки около 50 сут, в среднем и нижнем течении 60–70 сут. В годы с дружным сне-

готанием формируются однопиковые половодья, характеризующиеся большой интенсивностью подъема и спада. Такие половодья непродолжительны и высоки. В отдельные годы гидрограф половодья расчленен и имеет два-три пика. Расчленение обуславливается прерывистым характером снеготаяния или выпадением сильных дождей в конце охода снежного

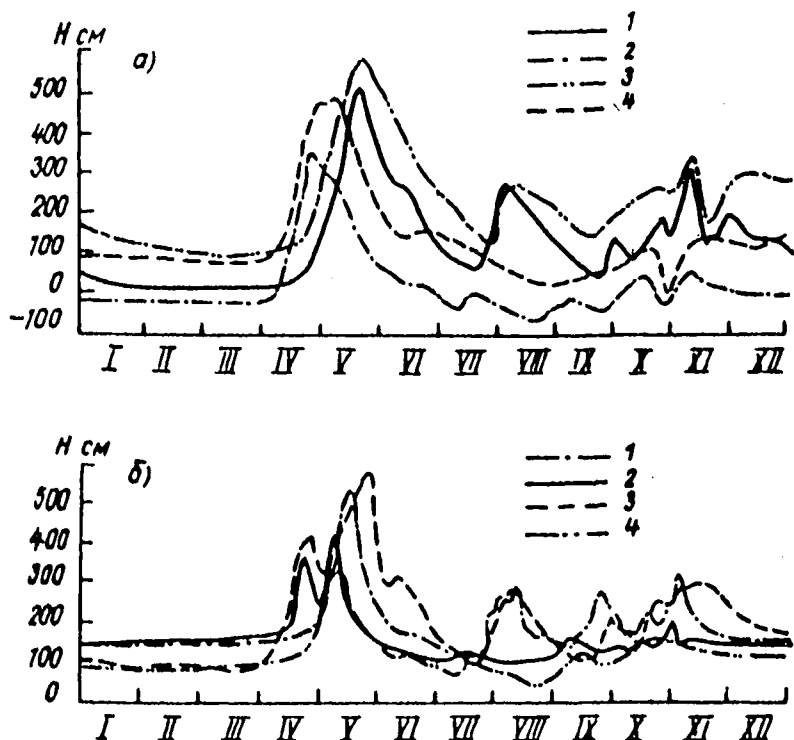


Рис. 3.8. Ход уровней воды р. Вьчегды за характерные годы по постам; а) Сыктывкар (1,2), Федьково (3,4); б) Помоздино (1,2), Малая Кужба (3,4).
1,3 - многоводный 1965 г.; 2,4 - маловодный 1975 г.

покрова. В период половодья, к середине мая, наблюдаются наивысшие уровни. Наиболее высокие подъемы уровней отмечены в многоводные 1952 и 1974 гг. и составили 615 и 747 см над нулем графика соответственно у сел Помоздино и Малая Кужба; 654 и 809 см у г.Сыктывкара и д.Федьково. Средняя многолетняя амплитуда колебаний уровня за год по указанным постам 440 см/год в верхнем и 570 см/год в нижнем течении реки. Продолжительность стояния максимальных уровней 1-2 сут.

Максимальные расходы воды весеннего половодья являются наибольшими в году. Наиболее высокие значения максимальных расходов воды

отмечены в 1952, 1974 и 1979 гг. Изменчивость максимальных расходов воды весеннего половодья Вычегды характеризуется коэффициентом вариации 0,25–0,35. Норма суммарного слоя стока за период половодья составляет 156–166 мм, при этом олоя весеннего стока колеблется по годам от 70–100 до 260 мм. Изменчивость объема весеннего стока характеризуется коэффициентом вариации 0,24–0,28. Основными факторами, определяющими весенний сток, являются снеготаяние (интенсивность снеготаяния, условия стекания талых вод), степень увлажненности и промерзания почв и интенсивность дождей.

Дождевые паводки наблюдаются с мая по ноябрь, число их колеблется в разные годы от одного–двух до трех–четырех. В мае дождевые паводки обычно накладываются на спад весеннего половодья и увеличивают его объем и продолжительность. Паводки, как правило, в зависимости от характера, продолжительности и повторяемости выпавших осадков могут быть одно- и многопиковыми. Дождевые паводки вызываются обычно дождями продолжительностью 5 сут и более со средней интенсивностью 0,5–2,0 мм/ч и наибольшей суточной суммой осадков 20–30 мм. Однопиковые дождевые паводки характеризуются интенсивным подъемом от 5 до 20 см/сут в маловодную межень и от 15 до 50–80 см/сут в многоводную. По значениям максимального расхода воды и олоя стока дождевые паводки в 2,5–3,0 раза меньше снеговых (весенних). Наиболее значительные паводки чаще наблюдаются весной и осенью, хотя вызываются дождями, по интенсивности равными летним. Связано это не только со значительной суммой осадков, выпадающих в эти периоды, но и с повышенной увлажненностью почвогрунтов после весеннего половодья или после серии дождей осенью.

Средний многолетний модуль стока в верховьях реки у о.Помоздина составляет 27,5 л/(с·км²), у о.Малая Кужба и г.Сыктывкара он снижается до 15,4 и 16,1 л/(с·км²) соответственно.

Летняя межень устанавливается обычно в первой половине июля. В годы с дружной и ранней весной, когда спад половодья не нарушается дождевыми паводками, межень наступает во второй декаде июня (1943 и 1956 гг.). В 1938 г. летняя межень у о.Малая Кужба наступила 4 июня. В годы с обильными осадками в начале лета переход к межени наблюдается в августе. Так, в 1928 г. у г.Сыктывкара межень наступила 25 августа, в 1932 г. у о.Малая Кужба 3 августа. Конец летне-осенней межени приходится на последние числа сентября. Устойчивость межени может быть нарушена дождевыми паводками, повторяемость которых в сезон колеблется от одного–двух в нижнем течении Вычегды до трех–четырех паводков в среднем и верхнем течении. Продолжительность летне-осенней межени в среднем 65–75 сут, в засушливые годы длительность межени увеличивается до 120–130 сут, а в очень дождливые годы период низкого стока длится 25–30 сут. Наиболее глубокая межень, во время ко-

торой расходы воды достигают минимальных значений, наступает в середине августа – начале сентября. Наименьший расход воды летней межени наблюдался у г. Сыктывкара 9 сентября 1934 г. (среднее течение реки) и у с. Помоздина 30 августа 1980 г. (верхнее течение).

Средний многолетний минимальный 30-суточный модуль стока летне-осеннего периода по постам Помоздино, Малая Кужба, Сыктывкар и Федяково равен 4,0–4,8 л/(с·км²). Изменчивость его характеризуется коэффициентом вариации 0,17 у с. Помоздина и 0,34–0,38 у с. Малая Кужба и г. Сыктывкара. Минимальный суточный модуль стока летне-осеннего периода составляет 3,5–4,5 л/(с·км²).

Зимняя межень устанавливается в среднем во второй половине ноября – начале декабря и оканчивается перед началом весеннего подъема, еще до вскрытия реки, около 20 апреля. Средняя продолжительность зимней межени 140–150 сут. Норма 30-суточного минимального зимнего стока в створах реки изменяется от 2,0 до 3,7 л/(с·км²). Минимальный 30-суточный зимний сток менее изменчив, нежели летне-осенний, его коэффициент вариации составляет 0,10–0,25. В конце ноября – начале декабря река переходит на устойчивое грунтовое питание, которое и продолжается до начала снеготаяния (до конца марта – начала апреля). Месячные зимние расходы воды плавно снижаются от 3,1–3,5 в декабре до 1,7–2,1% годового объема в марте, что связано с истощением запасов грунтовых вод и отсутствием оттепелей. Наименьшие расходы воды зимней межени наблюдаются в основном в феврале и марте. Например, наименьший расход у с. Помоздина наблюдался 15–17 февраля 1969 г., у г. Сыктывкара он был 25 и 26 марта 1933 г.

Ледовый режим Вычегды характеризуется непродолжительными осенними ледовыми явлениями, устойчивым и длительным ледоставом и весенним ледоходом. Первые ледовые образования появляются в верховьях реки в I-й декаде, а в среднем и нижнем течении – во 2-й декаде октября. Ледовый покров устанавливается в среднем до г. Сыктывкара в I-й декаде, а ниже по реке – во 2-й декаде ноября. Продолжительность ледостава в среднем 170–175 сут. Ледоход начинается в 3-й декаде апреля, ранние пороги 12–17 апреля, поздние – 10–17 мая.

Для всей амплитуды уровней от меженистых до максимальных весеннего паводка средние скорости течения увеличиваются от 0,2–0,4 до 1,3–1,5 м/с, а максимальные скорости – от 0,4–0,6 до 1,6–2,2 м/с (по постам Помоздино, Малая Кужба, Сыктывкар). Средняя скорость по фарватеру на участке Помоздино – Сыктывкар (при расчетных уровнях, соответствующих 1,25–3,50 м над нулем поста по посту Сыктывкар) равна 0,83–1,11 м/с.

3.3. Река Северная Двина

Северная Двина, одна из крупнейших рек севера европейской части СССР, имеет важное значение, как транспортная магистраль. На ее долю

приходится 50% всех перевозок народнохозяйственных грузов в бассейне европейского Севера.

Северная Двина образуется от слияния рек Сухоны и Юга, течет в северо-западном направлении и впадает в Двинокую губу Белого моря. Дельта реки разделяется на три основных рукава: Никольский, Мурманский и Корабельный. Кроме них имеется много малых проток.

Длина реки 744 км. На всем протяжении река принимает притоки. Преобладают притоки длиной 10–50 км, их общее число 13 965, что составляет 99,2% общего числа притоков самой реки. Затем идут малые реки длиной 51–200 км – 104 притока и средние длиной 201–1000 км – 8 притоков. Всего Северная Двина принимает 14 077 притоков, их общая длина 52 141 км. Наиболее значительные из них реки: Вычегда и Пинега, впадающие справа, а также Вага и Емца, впадающие слева.

Бассейн Северной Двины, включая бассейны рек Сухоны, Юга, Вычегды и Пинеги, насчитывает по всем грациям 61 878 притоков, общая протяженность которых составляет 206 248 км. Преобладают также малые реки с длиной водотока 10–50 км, их число составляет 99,4% общего числа притоков всего бассейна Северной Двины. Схема бассейна Северной Двины приведена на рис. 3.9.

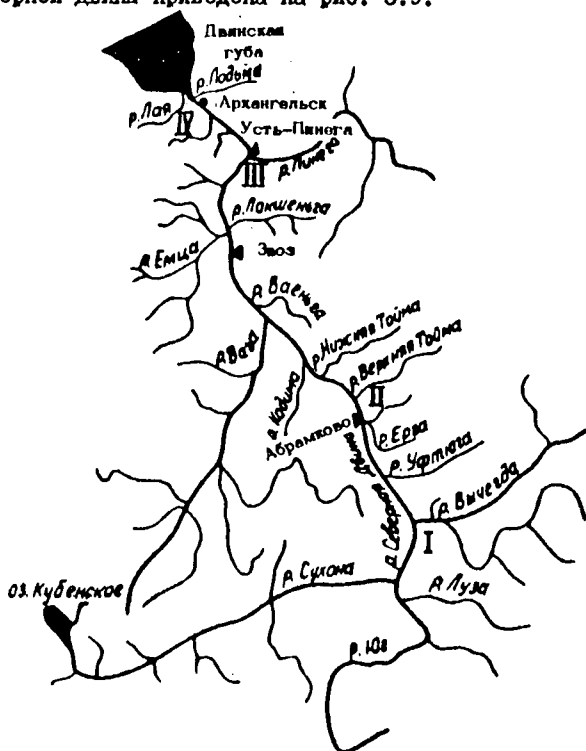


Рис. 3.9. Схема бассейна р. Северной Двины.

Северная Двина является типично равнинной рекой и отличается в общем спокойным течением. Уклон реки 0,007‰. Разность абсолютных отметок высоты истока и устья 50,6 м. Коэффициент извилистости 1,32. Максимальная скорость течения в период весеннего половодья 2,0–2,6 м/с, в межень 0,8–1,2 м/с.

Бассейн Северной Двины расположен между 58°30' и 65°00' с.ш. и представляет собой обширную лесистую равнину, полого опускающуюся в северо-западном направлении. Наиболее возвышенная северо-восточная оконечность бассейна расположена в области Тиманского кряжа, отделяющего бассейн Северной Двины от бассейнов рек Мезени и Печоры, достигает высоты 200 м БС. Площадь бассейна 357 000 км², более чем на 90% она покрыта лесом. Особенностью речной системы Северной Двины является то, что площадь водосбора ее правобережных притоков в два раза больше площади водосбора левобережных притоков. На круговом графике (рис. 3.10) показано распределение общей площади водосбора между ее притоками.

Северная Двина на участке от г. Великий Устюг до устья р. Ваги протекает по долине шириной 3–5 км, сформированной в толще рыхлых отложений, далее на участке от устья р. Ваги до Холмогорского разветвления и от Усть-Пинеги до Архангельска долина слабо развита, имеет ширину 0,5–1,5 км и проходит соответственно в толще твердых известняковых пород и в толще морских и ледниковых отложений. В районе Холмогорского расширения ширина долины 15 км, сложена она преимущественно песками.

Пойма реки в основном односторонняя – левобережная. Ширина поймы 3–5 км, в Холмогорском расширении 8–10 км. Около 40% площади поймы занимают затопляемые острова. Высота пойменных берегов уменьшается вниз по реке от 9–7 м до 3–2 м. Коренные, правобережные, берега крутые, обрывистые, высота их 12–35 м над меженным уровнем, но на участке от Усть-Пинеги до Архангельска высота берегов 30–50 м, около Архангельска высота их уменьшается до 10 м. Сложены берега, как правило, из известняков и огульников, на участке от г. Великий Устюг до устья р. Ваги – из пестрых мергелей.

Русло реки преимущественно однорукавное, но на участке от устья р. Пинеги до Архангельска многоорукавное. Расположено русло ближе к коренному берегу. Преобладающая ширина его в межень 200–800 м, в районах устьев рек Вычегды, Ваги и Пинеги ширина русла достигает 1200 м. Наибольшая ширина русла 2500 м в районе о. Уйма, в 16–17 км от устья. Грунт в русле песчаный и песчано-гравийный с отдельными выходами плотных коренных пород. По длине всей реки расположены большие и малые острова, перекаты, песчаные мели. Наиболее островной участок – в 18–77 км от устья реки.

доводья наблюдаются максимальные расходы воды и проходит до 60% годового стока. Так, например, по посту Усть-Пинега приходится на весенний период 57,5% годового стока, на летне-осенний - 32,7%, на зимний период - 9,8%.

Весеннее половодье на Северной Двине начинается во 2-й декаде апреля, в верхнем и среднем течении несколько раньше, чем в нижнем (пост Абрамково, 528 км от устья - 16 апреля, пост Усть-Пинега, 137 км от устья - 21 апреля). Наиболее ранняя дата начала половодья по посту Абрамково отмечена 1 апреля 1951 г., по посту Усть-Пинега - 31 марта 1888 г. Наиболее поздняя дата начала половодья соответственно 5 и 15 мая 1941 г. Половодье обычно проходит двумя волнами (рис. 3.11). С первой волной, формирующейся на реках Сухоне и Юге и усиливающейся после впадения р.Ваги, как правило, связано вскрытие Северной Двины, сопровождающееся заторными подъемами воды. Вторая волна, идущая с р.Вычегды, следует спустя 1-3 недели после первой. В верховьях Северной Двины высший годовой уровень обычно наблюдается в период вскрытия; ниже впадения р.Вычегды в одни годы во время ледохода, в другие - на вычегдской волне половодья, т.е. в период открытого русла. Наивысшие уровни весеннего ледохода за 1880-1980 гг. отмечены по постам Абрамково и Звез в 1966 г., по посту Усть-Пинега - в 1929 г. Высокие уровни воды весеннего ледохода отмечены в 1974, 1979, 1981 и 1985 гг. Средний весенний подъем уровня на участке до впадения р.Ваги около 5-6 м, ниже по течению - 7-8 м, на приустьевом участке - 2-4 м, а в местах с неразветвленным руслом и незначительной поймой - 9-10 м. Наибольшая годовая амплитуда колебаний уровня воды за многолетие составила по посту Абрамково 869 см в 1974 г., по посту Усть-Пинега - 1135 см в 1935 г. Продолжительность весеннего половодья в среднем 80 сут, кончается оно к началу июля.

На спад весеннего половодья (около 40% всех лет наблюдений) накладываются один-два дождевых паводка, вызывающие повышение уровня воды, задерживающие падение уровней весеннего половодья и тем самым отдалающие момент наступления летне-осенней межени. Продолжительность таких паводков 1-2 недели. Вызываемые летними паводками подъемы уровня воды значительно ниже весенних, но в годы с относительно маловодными половодьями могут даже превышать весенние подъемы. Летние паводки отличаются большей интенсивностью нарастания, чем осенние, однако по значениям расходов воды они в большинстве случаев уступают осенним. Осенние паводки проходят сериями, и их наибольшая продолжительность 80 сут. Наибольший суточный расход воды дождевого паводка наблюдался в октябре 1952 г. и составил по посту Абрамково 6970 м³/с, по посту Звез - 8960 м³/с, по посту Усть-Пинега - 11 200 м³/с. Наибольший годовой расход воды 1952 г. по указанным постам наблюдался в июне и составил соответственно 15 000, 17 000 и 24 600 м³/с.

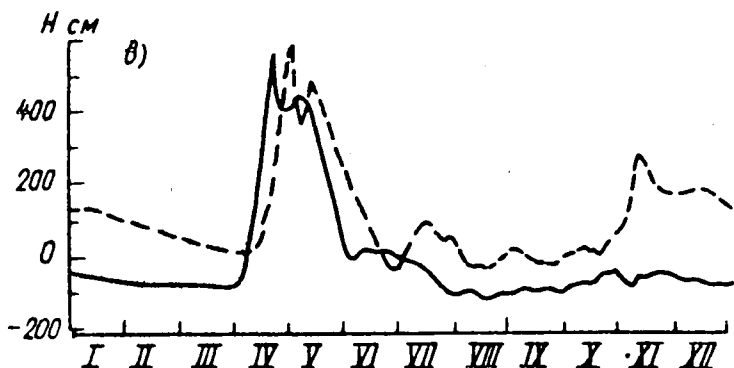
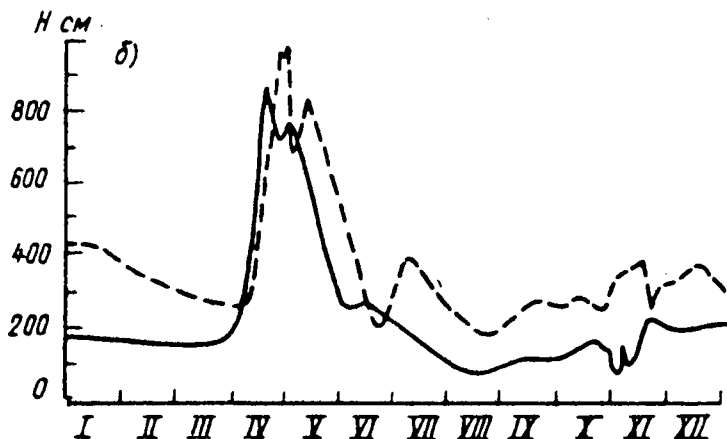
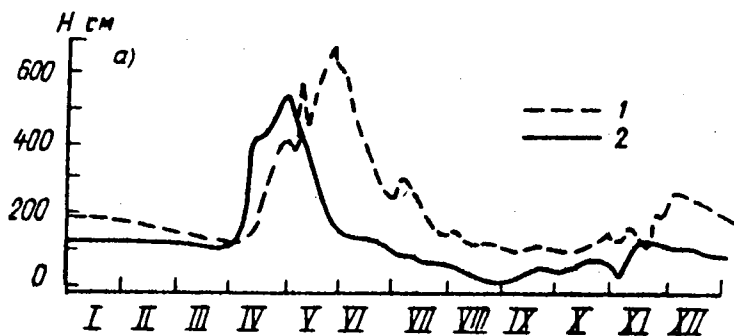


Рис. 3.11. Ход уровней воды р.Северной Двины за характерные годы по постам Абрамково (а), Звезд (б) и Усть-Лынега (в).
1 - многоводные 1971 г. (а) и 1984 г. (б, в);
2 - маловодный 1975 г.

Летне-осенняя межень наступает после спада весеннего половодья, в среднем в первой декаде июля. В годы с обильными осадками в начале лета переход к межени наблюдается в августе. Длительность межени сильно колеблется по годам. В засушливые, маловодные годы межень низкая и устойчивая, ее продолжительность 120-130 сут. В дождливые многоводные годы период низкого стока разбивается на отдельные короткие периоды. Наиболее глубокая летне-осенняя межень, во время которой расход воды достигает минимальных значений, обычно наблюдается в августе-сентябре и составляет 30 сут, а иногда и менее. Наименьший расход воды летней межени за многолетие наблюдался у поста Звон в августе 1975 г. и составил $697 \text{ м}^3/\text{с}$, а наибольший расход вод по данному посту за летнюю межень отмечен в 1978 г. - $1730 \text{ м}^3/\text{с}$. Низкая межень отмечалась также в 1972, 1981 и 1983 гг. Норма минимального 30-суточного модуля стока летне-осенней межени по посту Звон $4,85 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$, по посту Усть-Пинега - $5,01 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$. Коэффициент вариации равен соответственно 0,37 и 0,34. Минимальный 30-суточный сток различной обеспеченности приведен в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Минимальный 30-суточный модуль стока Северной Двины
различной обеспеченности, $\text{л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$

Пост	Период наблюдений	Обеспеченность, %						
		75	80	85	90	95	97	99
Звон	1939-1966	3,52	3,34	3,14	2,91	2,62	2,46	2,25
Усть-Пинега	1881-1966	3,77	3,56	3,34	3,09	2,76	2,59	2,30

На устьевом участке и особенно в дельте реки режим уровня воды в межень усложняется приливо-отливными явлениями и ветровыми нагонами и огонами. Последние наблюдаются нечасто и решающее влияние на режим уровня оказывают только в дельте реки. Нагоны в состоянии вызвать дополнительное повышение уровня на 1-2 м, стоны снижают его на 0,5-1,0 м.

Зимняя межень начинается с первыми ледовыми явлениями и оканчивается с началом весеннего подъема еще до вскрытия реки (в среднем с 29-31 октября по 25-27 апреля). Зимняя межень устойчива и характеризуется постоянным снижением уровней и расходов воды к концу зимы по мере истощения запасов грунтовых вод. На участке до впадения р.Ваги минимальные зимние уровни чаще наблюдаются в предледоставный период, а ниже по реке - в конце ледостава, перед началом снеготаяния. При ледоставе уровни повышаются за счет подпорных явлений, при

этом вода выходит на лед. Изменчивость 30-суточного минимального стока зимнего периода значительно меньше, чем летне-осеннего. Многолетняя амплитуда колебаний минимального зимнего уровня возрастает вниз по реке и составляет на участке до впадения р. Вичегды 1,0-1,5 м, между реками Вичегда и Вага - 1,5-2,0 м, а ниже до предустьевого участка - 2-3 м. Наименьшие расходы отмечены у поста Абрамково в 1972 г., у поста Звоз - в 1941 г., а у поста Усть-Пинега - в 1886 г.

Ледовый режим Северной Двины характеризуется непродолжительными осенними ледовыми явлениями: образованием сала, шуги и осенним ледоходом, устойчивым и длительным ледоставом и весенним ледоходом. Образование ледовых явлений по длине всей реки, как правило, начинается одновременно 28-29 октября. Наиболее позднее ледообразование и начало ледохода отмечено 22-23 февраля в 1967 г. у постов Звоз и Усть-Пинега. Продолжительность осеннего ледохода уменьшается от 22 сут в верховьях реки до 13 сут в низовьях. Сроки начала ледостава изменяются в значительных пределах. Наиболее ранние даты 17-22 октября, наиболее поздние - 13-23 декабря. Средняя продолжительность ледостава 150-170 сут. Мощность ледяного покрова обычно максимальна в марте-апреле и составляет 70-100 см.

Вскрытие Северной Двины зависит от режима вскрытия ее притоков. Раньше вскрываются участки ниже впадения рек Сухоны, Юга и Ваги. Весенний ледоход проходит интенсивно, при высоких уровнях и сопровождается заторами льда, формирующимися обычно на участках вблизи городов Великого Устюга и Котласа, с. Двинский Березник, д. Орлецы, с. Холмогоры и г. Архангельска. Наиболее раннее очищение ото льда наблюдается 15-20 апреля, наиболее позднее - в период 15-27 мая.

4. ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Для гидрохимической характеристики каждого из описанных в работе водотоков были выбраны отворы, характеризующие отдельные участки реки: верховье, основное русло и устьевую часть (см. табл. I.1). Для участков основного русла число отворов определялось наличием крупных притоков, влияющих на химический состав речной воды, и источников значительного антропогенного воздействия на качество воды. При этом выбор регламентировался длиной ряда наблюдений (не менее 10 лет) и его непрерывностью. Расположение отворов приведено на рис. 3.1, 3.5 и 3.9.

4.1. Река Сухона

По материалам многолетних наблюдений за химическим составом воды Сухоны во все гидрологические периоды согласно классификации О.А.Алекина [2] следует относить к гидрокарбонатному классу группы кальция. В соответствии с этим соотношение главных ионов в течение календарного года изменяется незначительно.

Общая минерализация воды по всей длине р. Сухоны невысокая, изменения минерализации по сезонам связаны в основном с региональными особенностями условий водного питания, а также солевым составом грунтовых вод и вод, поступающих в реку с поверхности водосбора.

В верхнем течении реки, в отворе поста Рабаньга, в меженные периоды в большей степени сказывается озерное питание, вследствие чего минерализация на этом участке ниже, чем в среднем течении и устьевой области.

Характерной особенностью гидрологического режима верхнего участка Сухоны является наличие в период весеннего половодья обратного течения, направленного в сторону Кубенского озера за счет подпора, создаваемого паводочной волной р. Лежи [22] (табл. 4.1). В этот период минерализация воды у поста Рабаньга выше, чем в остальных отворах и составляет 111-150 мг/л (межквартильный размах).

Таблица 4.1

Зависимость минерализации воды от направления течения у поста Рабаньга в период половодья

Дата	Расход, м ³ /с	Сумма ионов мг/л $\Sigma_{\text{и}}$	Примечание
04.05.79	108	127	Обратное течение
14.05.79	439	84	Прямое течение
29.04.80	126	164	Обратное течение
29.05.80	297	122	Прямое течение
16.04.84	87	209	Обратное течение
04.05.84	342	111	Прямое течение

Минерализация речной воды в среднем течении и на устьевом участке реки в меженные периоды выше, чем в верховье, что, по-видимому, также связано с ослаблением влияния озерного питания по мере удаления от источника. Сумма главных ионов составляет здесь 275–418 мг/л зимой и 98–270 мг/л летом, а в период весеннего половодья за счет разбавления маломинерализованными поверхностными водами она снижается до 71–119 мг/л. Статистическая зависимость минерализации от расхода воды устойчива ($r = 0,79$) и в логарифмической форме описывается уравнением прямой (рис. 4.1).

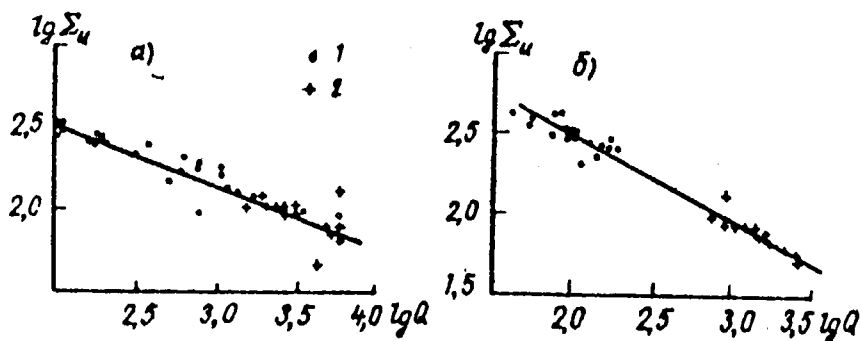


Рис. 4.1. Связь минерализации вод р.Сухоны с расходом воды у постов Каликино (а) и Рабан'га (б) зимой (1) и летом (2).

Сезонные колебания концентраций гидрокарбонатов аналогичны колебаниям общей минерализации, в меженные периоды их средняя концентрация возрастает от 164 мг/л у поста Рабан'га до 220 мг/л у поста Каликино (зимняя межень), в половодье в верховье она несколько ниже, чем для среднего течения (78 и 61 мг/л соответственно).

Наименьшая концентрация сульфат-ионов в воде во все сезоны характерна для среднего течения (12,6–39,6 мг/л), причем среднее содержание этих ионов в верхнем течении в 1,5, а в устьевой в 1,6 раза выше, чем у поста Тотыма.

Содержание хлорид-ионов в воде невелико, в целом соответствует внутригодовому ходу концентрации гидрокарбонатов. Наибольшая концентрация в период зимней межени – 14,5 мг/л отмечена у поста Каликино. Главным катионом является кальций, вторым доминирующим – магний. Обращает на себя внимание закономерность изменения концентраций этих ионов по длине реки внутри каждого из сезонов. Во время летней межени средние концентрации кальция и магния плавно возрастают от истока реки к устью, в остальные сезоны график изменения ионного состава по длине реки образует отчетливую "ложбину" в районе среднего течения Сухоны.

Некоторые особенности пространственного изменения суммы ионов щелочных металлов прослеживаются в период зимней межени: если в верховье эта сумма (по межквартильному размаху) составляет 2,0–7,3 мг/л, то у поста Тотыма – 5,2–18,5 мг/л, а в устьевой части – 8,0–13,2 мг/л. Как следует из работы [22], такую аномалию можно объяснить природными особенностями среднего течения Сухоны: в этом районе на поверхность выходит множество мелких артезианских источников (ключей), часть которых (в районе поста Тотыма) отличается повышенным содержанием натрия и калия. В период зимней межени при резком снижении водности реки влияние этого источника питания увеличивается, что сказывается на составе главных ионов. В остальные сезоны влияние указанного источника сглаживается, проявляясь только в значениях медианных концентраций ионов щелочных металлов: 2,9 мг/л в верхнем течении, 5,3 мг/л у поста Тотыма, 4,8 мг/л на устьевом участке.

Воды Сухоны имеют слабощелочную реакцию. В период весеннего половодья значение pH понижается до нейтрального или слабощелочного уровня. Максимальные значения pH не превышают 7,8 и отмечаются в период летней межени на устьевом участке реки. Минимальные – до 6,8 во время весеннего паводка встречаются в верхнем течении Сухоны. В целом для верховья характерно несколько меньшее значение pH, чем для остальной реки, однако разница в абсолютных значениях не превышает 0,1–0,2 pH.

Кислородный режим реки в период зимней межени по данным наблюдений за последние 10 лет нельзя считать удовлетворительным. У поста Рабаньга концентрация растворенного кислорода была ниже 4,0 мг/л в 89% обработанных проб, у поста Тотыма – в 54%, у поста Каликино – в 89%. Межквартильный размах концентрации растворенного кислорода в этих отборах позволяет говорить о существовании в среднем течении Сухоны участка, на котором в период ледостава ход падения концентрации кислорода имеет аномалию (рис. 4.2). Эта аномалия связана, по-видимому, с двумя природными факторами: 1) относительно высокой приточностью среднего течения Сухоны и благоприятным влиянием насыщенных кислородом вод притоков, 2) выходом на поверхность артезианских вод.

Исследование связей между расходами воды Сухоны и концентрацией растворенного кислорода подтвердили их наличие, обнаруженное ранее [19]. Связи можно считать удовлетворительными для всех рассматриваемых участков, они в логарифмической форме описываются уравнением прямой (рис. 4.3). Наименьшая теснота связи характерна для верховьев реки, где антропогенный фактор проявляется особенно сильно. Коэффициент корреляции полученных уравнений регрессии здесь равен 0,76, отношение $S_{\text{ср}}/\sigma_0 = 0,57$. В среднем и нижнем течении коэффициент корреляции выше (0,82–0,93) при $S_{\text{ср}}/\sigma_0 = 0,52$.

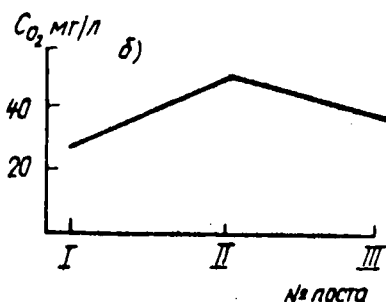
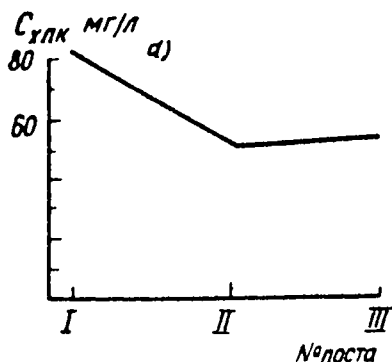


Рис. 4.2. Пространственная изменчивость содержания органических веществ по ХПК(а) и растворенного кислорода (б) в водах р.Сухоны в период зимней межени.

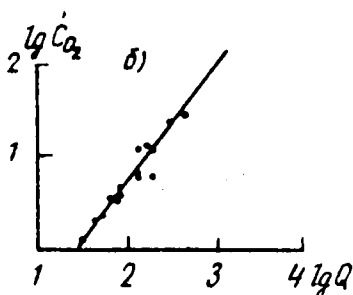
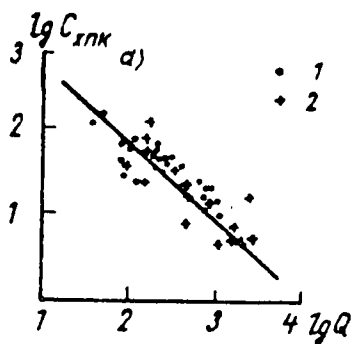


Рис. 4.3. Связь содержания органических веществ по ХПК (а) и растворенного кислорода (б) с расходами воды р.Сухоны у поста Рабаньга зимой (I) и летом (2).

Характерной чертой гидрохимического режима рек бассейна Северной Двины является высокое содержание в них органических веществ естественного и антропогенного происхождения. Приоритет в этом принадлежит р.Сухоне. Поэтому остановимся более подробно на пространственно-временной изменчивости показателей, характеризующих органические вещества.

Содержание как легко-, так и трудноокисляемых органических веществ в верхнем течении Сухоны в значительной степени обусловлено интенсивной антропогенной нагрузкой на этот участок реки. Годовой ход значений ХПК и БПК₅ у поста Рабаньга типичен для перегруженных органическим веществом водотоков: наибольшие значения концентрации характерны для межениных периодов, особенно зимнего, где средние значения ХПК составляют 82 мг/л. Весеннее половодье сопровождается значительным снижением значений биохимической окисляемости и БПК₅ по сравнению с периодом ледостава: медианная концентрация ХПК уменьшается в 1,6 раза, БПК₅ - в 2 раза.

В целом этот участок реки отличается повышенным содержанием органических веществ: зимой биохимическая окисляемость у поста Рабаньга в 2 раза, биохимическое потребление кислорода в 3,7 раза выше, чем в остальных створах ниже по течению (см. рис. 4.2). Зависимость концентраций ХПК и БПК₅ от расходов воды характеризуется удовлетворительной корреляцией (коэффициент корреляции 0,82 и 0,91), т.е. теснота связи может считаться удовлетворительной и уравнения регрессии, построенные для зависимости $C_{БПК_5} (ХПК) = f(Q)$ могут использоваться в прогнозировании. Тенденция к снижению содержания органических веществ в воде Сухоны на этом участке за период 1976-1985 гг. не обнаружено.

В среднем течении Сухоны внутригодовой природный ход БПК₅ восстанавливается. У поста Тотыма максимумы величин, характеризующих содержание органических веществ, приходится на период весеннего половодья, снижаясь в межень. Медианное значение БПК₅ уменьшается при этом в 1,3 раза, с 3,04 до 2,30 мг/л. Максимальное значение биохимической окисляемости в этом створе (62 мг/л) отмечено также в период весеннего половодья.

Сезонные колебания ХПК и БПК₅ в нижнем течении Сухоны практически не отличаются от сезонных колебаний этих показателей в среднем течении.

Определенный интерес представляет вопрос о сезонных колебаниях концентраций соединений азота и фосфора как основных показателей режима биогенных компонентов.

Азот аммония присутствует в речной воде во все гидрологические периоды. Характер сезонных колебаний концентрации этого соединения на отдельных участках реки аналогичен сезонным колебаниям концентраций органических веществ. Необходимо лишь добавить, что высокие концентрации, характерные для периода весеннего половодья в среднем (0,55-1,20 мг/л) и нижнем (0,20-0,92 мг/л) течении реки, объясняются интенсивным поступлением ионов аммония с поверхностным стоком, поскольку средняя и нижняя Сухона является районом весьма интенсивного земледелия.

Нитритный азот в наибольшей концентрации (до 0,048 мг/л) присутствует в период зимней межени в верхнем течении Сухоны. Это связано с антропогенным воздействием. Летом содержание нитритов здесь уменьшается.

Для средней Сухоны и устьевого участка характерная концентрация нитритов в зимний период невелика и составляет 0,001–0,008 мг/л. Во время летней межени концентрация остается на том же уровне. По-видимому, повышенное содержание органических веществ в воде реки влияет на процессы нитрификации, тормозя развитие нитрификаторов и, следовательно, переход нитритов в нитраты [15].

Особенностью режима биогенных компонентов Сухоны можно считать годовой ход концентрации азота в нитратной форме в среднем и нижнем течении реки. У поста Рабаньга, в верхнем течении реки, максимальная концентрация нитратов приходится на зимнюю межень, минимальная – на период вегетации, что соответствует естественному режиму этого компонента. Ниже по течению кривая, характеризующая годовой ход нитратов, не имеет выраженного минимума в период летней межени. По-видимому, естественная убыль этого соединения в период вегетации постоянно в избытке восполняется за счет потерь минеральных удобрений при внесении в почву, транспортировке и хранении.

Межквартальный размах концентрации нитратов у постов Тотыма и Каликино во все сезоны составляет 0,02–0,28 мг/л, причем на устьевом участке максимум концентраций приходится на период вегетации, что вообще не характерно для природных вод.

Данные о содержании минерального фосфора в воде Сухоны весьма ограничены. По имеющимся материалам можно судить лишь о том, что в верхнем течении реки максимум концентрации элемента приходится на весенний паводковый период (медианное значение 0,094 мг/л), а во время вегетации отмечается снижение концентрации вплоть до аналитического нуля. Зимой и осенью медианные значения мало отличаются друг от друга (0,013 и 0,011 мг/л).

В среднем и нижнем течении сезонная динамика этого показателя отмечается явно выраженным максимумом в межениные периоды. При этом в периоды вегетации снижение концентраций по сравнению с периодом ледостава незначительное; медианное значение для зимней межени 0,082, летней – 0,069 мг/л. Периоды высокой водности сопровождаются снижением концентрации минерального фосфора до значений 0,042–0,047 мг/л. Аналогия с сезонными колебаниями содержания нитратов вполне объяснима, поскольку источник поступления минерального фосфора в водоток тот же, что и нитратов.

Выводы

1. Гидрохимический режим Сухоны определяется региональными особенностями гидрологического режима и прежде всего характером водного питания. Существенное воздействие на элементы химического состава оказывают сточные воды, поступающие на участке верхнего течения реки.

2. По материалам многолетних наблюдений за химическим составом в отворах, расположенных в верхнем (пост Рабаньга), среднем (пост Тотма) и нижнем течении реки (пост Каликино), можно отметить различие гидрохимического режима на этих участках.

3. На верхнем участке реки обнаруживаются сезонные колебания общей минерализации, связанные в основном с изменением степени озерного питания, а также наличием обратного течения в весенний период. Здесь же имеют место изменение естественного годового хода органических веществ по показателям BPK_5 и ХПК, а также неудовлетворительный кислородный режим в период ледостава, обусловленные длительным воздействием сточных вод.

4. Гидрохимический режим реки в районах среднего, верхнего и нижнего течения Сухоны различается как по ионному составу, так и по концентрации кислорода. Это связано с особыми гидрогеологическими условиями, которые определили в районе среднего течения выход на поверхность артезианских вод как маломинерализованных, так и с повышенным содержанием солей калия и натрия.

5. Особенностью режима биогенных компонентов Сухоны можно считать относительную стабильность годового хода концентраций нитрат-ионов и минерального фосфора в среднем и нижнем течении реки. Даже в вегетационный период, когда биогенные компоненты активно включаются в биохимические процессы, концентрации этих веществ в воде остаются практически неизменными.

4.2. Река Вычегда

Вода р. Вычегды, как и р. Сухоны, во все фазы гидрологического режима характеризуется абсолютным преобладанием в ионном составе аниона гидрокарбоната и катиона кальция. По степени минерализации эти воды относятся к маломинерализованным.

В период зимней межени сумма главных ионов в фоновом отворе, расположенном в верхнем течении реки, составляет 257–270 мг/л (интервал 95%-ной вероятности), а ниже по течению, у д. Пичим, под влиянием слабоминерализованных вод крупного притока Вычегды р. Сысолы она снижается до 208–240 мг/л, несмотря на поступление высокоминерализованных сточных вод крупного промышленного узла, расположенного на этом же участке реки. Ниже, у поста Межог, и далее, у с. Лименда, минерализация вновь возрастает, достигая значений 228–340 мг/л, в ос-

новном, по-видимому, за счет вод правобережного притока - р.Выми, имеющих в меженные периоды минерализацию более 500 мг/л.

Те же закономерности пространственного изменения значений общей минерализации характерны для периода летней межени при снижении абсолютных значений в 1,3-1,5 раза.

В период весеннего половодья суммарная концентрация главных ионов на всем протяжении реки снижается до значений 42-62 мг/л.

Пространственно-временные изменения содержания гидрокарбонатных и сульфатных ионов аналогичны изменениям общей минерализации.

Материалы наблюдений свидетельствуют о том, что концентрация хлорид-ионов в период зимней межени возрастает от истока к устью от 4,3 до 13,6 мг/л по средним значениям. Эта тенденция характерна для всех сезонов, при этом уменьшаются лишь абсолютные значения концентрации.

В пространственно-временных изменениях содержания основного катиона (кальция) обнаруживаются те же закономерности, что и для основных анионов. Средняя концентрация этого элемента в период ледостава изменяется от 50,6 мг/л в фоновом отворе до 38,2 мг/л ниже впадения р.Сысолы. После впадения р.Выми средняя концентрация кальция вновь возрастает и несколько превышает фоновую (53,9 мг/л). Весной, во время половодья, среднее содержание кальция уменьшается на всем протяжении реки до 7-12 мг/л.

В фоновом отворе вторым доминирующим катионом в меженные периоды является магний. Его средняя концентрация превышает сумму ионов щелочных металлов в 2,6-3,0 раза. Во время половодья соотношение меняется в пользу катионов натрия и калия. У д.Пычим влияние вод р.Сысолы в совокупности с поступлением сточных вод проявляется в преобладании ионов щелочных металлов над магнием (зимой в 1,8, весной в 1,6 раза). Соотношение катионов, характерное для фоновых отворов ($C_{Mg^{2+}} > C_{Na^{+}} + K^{+}$), восстанавливается ниже впадения р.Выми, у поста Межог. На устьевом участке реки (по данным наблюдений у поста Сольвычегодск) вторым доминирующим ионом после кальция является натрий. Разница концентраций натрия и магния при этом очень незначительная: так, на этом участке в период зимней межени среднее содержание магния составляет 14,6 мг/л, натрия - 14,8 мг/л, весной соответственно 2,0 и 2,6 мг/л (рис. 4.4).

В фоновом отворе Вычегды наиболее четко проявляется изменение реакции среды в зависимости от сезона (рис. 4.5). В меженные периоды вода имеет слабощелочную реакцию и колебания значений pH внутри одного сезона невелики (7,20-7,65). Весной, во время половодья, реакция среды становится слабощелочной (6,0-6,8), причем наименьшие значения соответствуют пику половодья. Ниже по течению сохраняются та же сезонная изменчивость, но интервал значений pH становится несколько

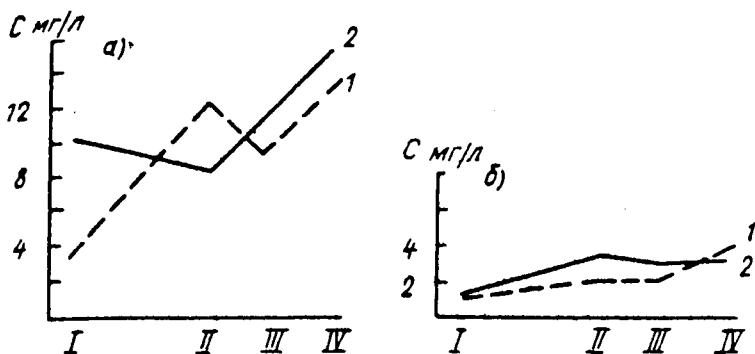


Рис. 4.4. Пространственно-временная изменчивость содержания натрия (1) и магния (2) в водах р.Вычегды в период зимней межени (а) и весеннего половодья (б) по постам I-IV.

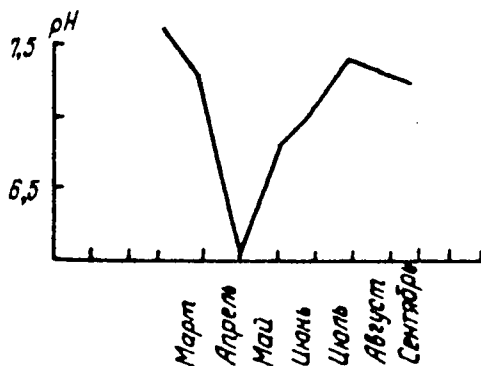


Рис. 4.5. Внутрисезонная изменчивость pH вод р.Вычегды у поста Малая Кузба.

ко шире, встречаются единичные значения pH менее 7 в меженные периоды и более 7 - во время половодья. Наибольшей внутрисезонной изменчивостью отличается осенний период в среднем и нижнем течении реки: у д.Пичим интервал изменения pH составляет 6,8-8,0.

Кислородный режим реки в период ледостава, по данным наблюдений за 1976-1985 гг., можно считать удовлетворительным. Минимальная концентрация, отмеченная за этот период в фоновом створе, составляла 6,82 мг/л, средняя - 8,40 мг/л. У д.Пичим, на участке реки, испытывающем значительное антропогенное воздействие, повторяемость значений концентрации ниже 3 мг/л составила только 20% при среднем содержании растворенного кислорода 4,54 мг/л. Минимальные (4,17 мг/л) и

средние (7,63 мг/л) значения концентрации растворенного кислорода у поста Межог позволяют предположить улучшение кислородного режима на этом участке реки.

На устьевом участке, ниже оброса сточных вод Котлаоского ЦБК, насыщение речной воды кислородом вновь снижается: 10% наблюдаемых за этот период значений менее 3 мг/л, средняя концентрация (3,79 мг/л) в 2 раза меньше, чем у поста Межог.

Анализировать пространственно-временную изменчивость легкоокисляемых органических веществ в воде Вычегды (по БПК₅) сложно, поскольку, в 1976–1981 гг. значения БПК₅ в фоновом створе не определялись. Единичные данные, полученные в 1982–1985 гг., относятся к периоду весеннего половодья и дают основание говорить о поступлении легкоокисляемых органических веществ с поверхностным стоком. Учитывая отсутствие организованного оброса сточных вод в верховье реки, увеличение уровня БПК₅ в фоновом створе в период весеннего половодья можно целиком отнести за счет природного фактора [5].

Ряды данных БПК₅ для створов, расположенных ниже по течению, отличаются большой изменчивостью, особенно в период зимней межени, что указывает на более значительное антропогенное воздействие, чем в верховье реки.

Многолетний ряд наблюдений за бихроматной окисляемостью позволяет разделить створы, рассматриваемые в данной работе, на две группы. Для первой (с. Малая Кужба, пост Межог) характерны сезонные колебания значений ХПК с двумя четкими максимумами в период весеннего половодья и дождевого паводка, т.е. та же закономерность, что и для основного русла Северной Двины, повторяющая годовой ход водности. В межени периоды значения ХПК в этих створах снижаются в 1,7–2,6 раза. Для второй группы (д. Пычим, с. Лименда) кривая сезонных изменений бихроматной окисляемости сглажена, дождевой паводок не выражен, увеличение ХПК в период половодья незначительное, в среднем в 1,1 раза над значениями межени периода. Таким образом, влияние антропогенного фактора проявляется во внутригодовом ходе ХПК и хорошо прослеживается в межени периоды по длине реки (рис. 4.6): среднее медианное значение в фоновом створе 12,1 мг/л, у д. Пычим – 24,2 мг/л, у поста Межог – 23,2 мг/л, у с. Лименда – 36,5 мг/л (последнее значение не является медианой, поскольку у с. Лименда введения с бихроматной окисляемостью единичные). Ряд значений ХПК у д. Пычим и поста Межог в период зимней межени характеризуется значительно большей изменчивостью, чем в остальные сезоны. Очевидно, в этом оказывается возрастание влияния антропогенного воздействия в условиях уменьшения водности и снижения самоочищающей способности водного объекта.

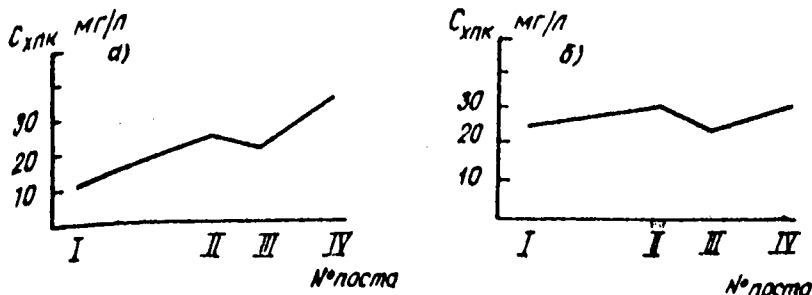


Рис. 4.6. Пространственно-временная изменчивость содержания органических веществ по ХПК в водах р. Вычегды в период зимней (а) и летней межени (б) по постам I-IV.

Аммонийный азот присутствует в водах Вычегды во все гидрологические фазы. Природными факторами, обуславливающими поступление ионов аммония в водные объекты, являются атмосферные осадки, поверхностный сток и регенерация биогенных элементов из белковых соединений при отмирании водных организмов [21]. Таким образом, природный внутригодовой ход концентрации аммонийного азота предполагает увеличение концентрации этого соединения в паводковый период. Именно такая закономерность прослеживается во всех створах Вычегды, кроме участка наиболее интенсивного антропогенного воздействия (створ д. Пычим), где максимум концентрации аммония приходится на зимнюю межень. Здесь в этот период интервал изменений включает в себя значения 1,04-0,04, а средняя концентрация в 5 раз выше, чем в фоновом отворе, и в 1,8-2,0 раза выше, чем в отворах ниже по течению. Закономерно было бы предположить, что у с. Лименда, ниже второго крупного источника поступления оточных вод, по мощности аналогичного первому, концентрация аммонийного азота не должна существенно отличаться от таковой у д. Пычим, однако материалами многолетних наблюдений такое предположение не подтверждается. Очевидно, определяющим является не объем, а характер оточных вод, точнее, соотношение производственных и хозяйственно-бытовых оточных вод (из общего объема оточных вод, поступающих выше д. Пычим, до 1/3 составляют хозяйственно-бытовые, на устьевом участке их объем на порядок ниже объема промышленных).

Концентрация нитрит-ионов в фоновом отворе во все сезоны незначительна, до 0,001 мг/л по медпунктовому значению. На рис. 4.7 показаны ее изменения по длине реки в различные сезоны года. В большинстве проб речной воды, отобранных в период весеннего половодья, во всех

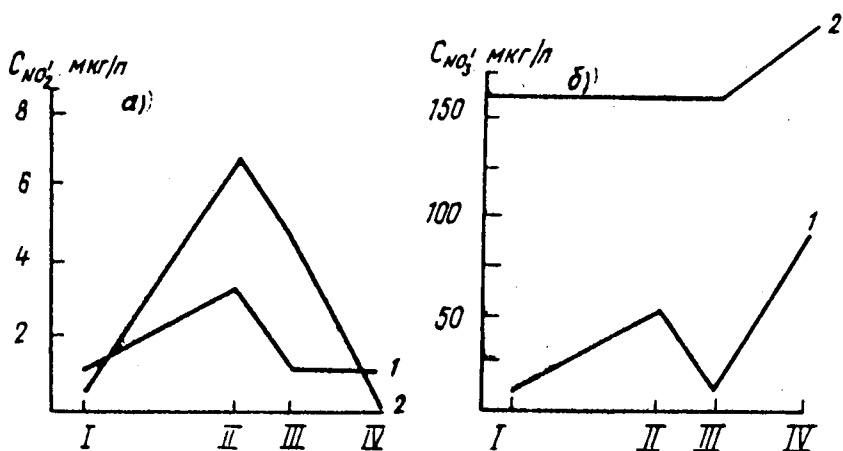


Рис. 4.7. Пространственно-временная изменчивость содержания нитритов (а), и нитратов (б) в водах р.Вычегда летом (1) и зимой (2) по постам I-IV.

створах нитриты отсутствуют. У д.Пычм проявляется влияние антропогенного фактора, особенно отчетливое в зимнюю межень: медианная концентрация нитритов в это время здесь в 3-7 раз выше, чем в остальных створах. Это связано с повышенной концентрацией данных ионов в сточных водах после биологической очистки и торможением процесса окисления нитритов при низкой температуре.

Внутригодовые изменения концентрации азота в форме нитратов в целом соответствуют естественным колебаниям, обусловленным природными процессами. В период вегетации происходит естественная убыль этого соединения, зимой – накопление, поэтому средняя медианная концентрация нитратов в период ледостава составляет 0,14-0,17 мг/л, летом повсеместно снижается до 0,03 мг/л и меньше. Отдельные высокие значения концентрации (0,38 мг/л) в этот период обусловлены локальными явлениями, связанными с нарушением правил транспортировки и хранения минеральных удобрений (см. рис. 4.7).

Общей для всех рассматриваемых участков реки закономерностью является увеличение содержания в воде общего фосфора в период зимней межени. Наиболее высокие значения при этом характерны для створов, расположенных в зоне явного антропогенного воздействия. Так, у д.Пычм средняя концентрация в этот период составляет 70 мкг/л, у г.Сольвычегодска – 56 мкг/л, что выше фоновой в 2 и 1,6 раза соответственно. В остальные сезоны концентрация общего фосфора снижается, медианные значения летом 36-39 мкг/л, весной, в половодье – 21-40 мкг/л.

Минеральная форма фосфора в различных отворах для разных сезонов составляет до 97% общего. В фоновом отворе в период ледостава минеральный фосфор составляет 97% общего, в остальные сезоны - 19-25%. Минимальная концентрация приходится на период вегетации, максимальная - на ледостав. На участке ниже сброса сточных вод (д.Пычим) сезонные изменения носят иной характер: при сохранении зимнего максимума наименьшее содержание элемента характерно для периода весеннего половодья. Такое внутригодовое распределение минерального фосфора сохраняется в отворах ниже по течению, однако абсолютные значения концентрации в этих отворах ниже, чем у д.Пычим.

Выводы

1. Основной особенностью гидрохимического режима р.Вычегды является пространственная изменчивость ионного состава воды по длине реки, в основном связанная с влиянием различных по ионному составу вод наиболее крупных притоков - рек Сысолы и Вымы.

2. Обнаружена изменчивость активной реакции воды в различные гидрологические фазы. В меженные периоды реакция среды в основном слабощелочная, в период весеннего половодья - слабокислая.

3. Изменчивость кислородного режима в период ледостава незначительна. Некоторое снижение насыщения речной воды кислородом прослеживается в среднем и нижнем течении в местах сильного антропогенного воздействия.

4. Влияние антропогенного фактора хорошо прослеживается в отглаживании кривой сезонных изменений ХПК и БПК_5 , а также в повышении содержания органических веществ в воде в отворах, расположенных ниже участков, подверженных воздействию сточных вод.

5. Повышенное содержание биогенных компонентов чаще всего наблюдается у д.Пычим, где в зимнюю межень обнаружено увеличение содержания нитрит-иона по сравнению с остальными отворами.

4.3. Река Северная Двина (основное руло)

Воды самой Северной Двины, как и воды рек Сухоны и Вычегды, во все гидрологические периоды могут быть отнесены к гидрокарбонатному классу группы кальция.

Аналогичные материалы свидетельствуют, что минерализация воды не превышает 500 мг/л в течение всего года, и по длине реки внутри сезона изменяется незначительно.

В период зимней межени сумма главных ионов у поста Котлао составляет 300-386 мг/л, у поста Абрамково - 330-382 мг/л, несколько выше минерализация у поста Уоть-Иинег (355-437 мг/л) и у железнодорожного моста г.Архангельска (357-426 мг/л). Все приведенные данные представляют интервалы 95%-ной вероятности. В летний период значения минерализации несколько снижаются. Весной, во время половодья, содержа-

ние солеобразующих ионов достигает минимальных значений и составляет на всем протяжении реки 61–86 мг/л (по средним арифметическим значениям).

Исследования зависимостей минерализации от расхода воды указывают на наличие достаточно устойчивых связей, которые в логарифмической форме описываются уравнением прямой. При этом для отвора железнодорожного моста статистическую зависимость можно считать хорошей как для зимней, так и для летней межени. Коэффициент корреляции в первом случае составил 0,90, во втором 0,78 при соотношении $S_{\text{сб}}/K < 0,40$. Высокие значения статистических характеристик дают основание рекомендовать полученные уравнения регрессии для прогнозирования (рис. 4.8).

Что касается гидрокарбонатов, то их значения в период зимней межени составляют в среднем 179–213 мг/л, причем более высокие значения относятся к верхнему течению (пост Котлао), а меньшие – к устьевому участку. Летом средняя концентрация гидрокарбонатов снижается до 105–139 мг/л, в весенний период, в условиях интенсивного поступления талых вод, значения их повсеместно снижаются до 37–52 мг/л. Устойчивая статистическая связь содержания гидрокарбонатов и расходом воды отмечена для всех сезонов (рис. 4.9).

В пространственно-временной изменчивости сульфат-ионов наблюдается обратная картина: их средняя концентрация возрастает от верховьев к устью и зимой составляет 93–37 мг/л и снижается весной до 19–8 мг/л.

Аналогичная пространственно-временная изменчивость отмечается и в содержании хлорид-ионов, средняя концентрация которых по течению реки заметно возрастает в период зимней межени (10 мг/л у поста Котлао, 23 мг/л – у железнодорожного моста), летом и весной разница невелика. В отворе железнодорожного моста в меженные периоды максимальная концентрация хлорид-иона превышает среднюю более чем в 3 раза, что является следствием нагонов и приливных явлений. В паводковые периоды разница между максимальным и средним значениями намного меньше.

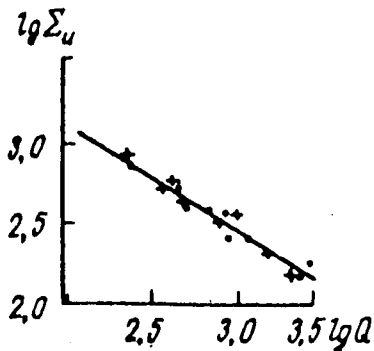
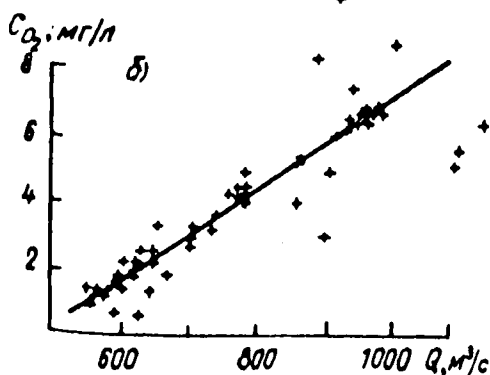
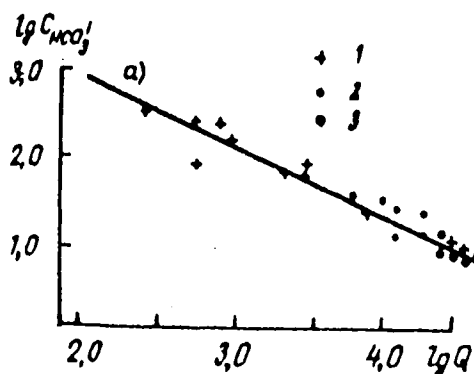


Рис. 4.8. Связь минерализации вод р. Северной Двины с расходами воды в отворе железнодорожного моста.

Усл. обозн. см. на рис. 4.1.

В катионном составе преобладающим является кальций. В период ледостава средняя концентрация этого иона в верхнем и среднем течении составляет 54–56 мг/л, в нижнем 64–66 мг/л. Весной концентрация выравнивается по длине реки и составляет в среднем 13–15 мг/л.

Особенностью гидрохимической характеристики Северной Двины о точках зрения основного ионного состава можно считать смену второго доминирующего катиона при движении от верховьев к устью. У поста Котлас содержание магния во все гидрологические периоды преобладает над концентрацией натрия. У поста Абрамково концентрация натрия уже выше, чем магния, во все озоны, кроме весеннего половодья. Такая же картина наблюдается в замыкающем отворе (пост Усть-Пинега), где зимой и летом средняя концентрация натрия в 1,1 раза превышает концентрацию магния, а во время весеннего половодья ниже ее в 1,1 раза. В створе железнодорожного моста разница в межених концентрациях натрия и магния еще больше (до 1,1–1,5 раза). В период весеннего половодья



содержание этих катионов практически уравнивается (средние концентрации 3,2–3,1 мг/л). Очевидно, причиной озонной сменяемости второго доминирующего катиона в среднем и нижнем течении реки является ионный состав поверхностного стока, обедненный солями натрия.

Воды Северной Двины имеют слабощелочную реакцию в период межени ($pH = 7...8$) и слабокислую в период весеннего паводка (в среднем $pH = 6,9...7,2$). Максимальные значения pH во всех отборах характерны для глубокой летней межени. Отдельные значения pH до 8 наблюдаются перед ледоставом.

Рис. 4.9. Связь содержания гидрокарбонатов (а) и растворенного кислорода (б) с расходами воды Северной Двины в отворе железнодорожного моста зимой (1), летом (2) и осенью (3).

Кислородный режим Северной Двины в течение зимней межени неоднороден: межквартильный размах концентраций у поста Котлас включает значения 2,58–4,29 мг/л, у поста Абрамково содержание растворенного кислорода возрастает до 4,40–5,70 мг/л. У поста Усть-Пинега вновь снижается до 2,15–3,57 мг/л. У железнодорожного моста уровень насыщения речной воды кислородом остается таким же, как у поста Усть-Пинега.

Зависимость содержания растворенного кислорода от расхода воды у железнодорожного моста прослеживается в период ледостава очень четко. Высокий коэффициент корреляции ($r = 0,82$) при $S_{ср}/\bar{S}_0 < 0,40$ при достаточно большом числе членов ряда ($n = 137$) позволяет сделать заключение о возможности использования для прогнозирования полученного уравнения регрессии (см. рис. 4.9). Межгодовой ход концентрации растворенного кислорода в этом отворе свидетельствует об улучшении кислородного режима в течение рассматриваемого периода (рис. 4.10).

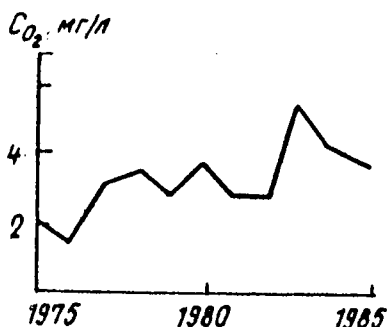


Рис. 4.10. Межгодовая изменчивость содержания растворенного кислорода в воде Северной Двины в период зимней межени в отворе железнодорожного моста.

Изменения внутри каждого сезона отличаются от приведенных для поста Котлас незначительно. У железнодорожного моста наблюдается небольшое по абсолютному значению увеличение содержания трудноокисляемых органических веществ, которое прослеживается во все сезоны. Межквартильный размах ХПК для этого отбора составляет 31–47 мг/л зимой и 37–50 мг/л летом.

Увеличение ХПК в этом отворе обусловлено постоянным воздействием оточных вод, поступающих в реку в 18 км выше по течению. Теснота свя-

Характер внутригодового распределения трудноокисляемых органических веществ (по биохиматной окисляемости) одинаков на всем протяжении реки. Значения ХПК возрастают в периоды увеличения поверхностного оттока и снижаются в межени периоды.

У поста Котлас межквартильный размах ХПК в межени периоды составляет 25–38 мг/л зимой и 31–44 мг/л летом и увеличивается в период половодья до 36–58 мг/л.

Ниж по течению, у постов Абрамково и Усть-Пинега, сезонные колебания ХПК носят такой же характер и интервалы их из-

за между значением биохиматной окисляемости и расходом воды в межени-
ные периоды здесь невелика ($\gamma = 0,56$). Такая характеристика статисти-
ческой связи говорит о том, что антропогенный фактор в этом слу-
чае накладывался на связь $C_{\text{ХПК}} = f(Q)$, что не позволяет с до-
статочной достоверностью прогнозировать концентрации, пользуясь ура-
внением регрессии.

Данные по содержанию легкоокисляемых органических веществ (по
ХПК₅) в различных отворах весьма неравноценны.

Сезонные изменения содержания биогенных элементов на разных уча-
стках основного русла неодинаковы.

Наиболее высокое содержание аммонийного азота характерно для пос-
та Котлас в периоды весеннего половодья и летней межени. Так, если
в период ледостава концентрация ионов аммония здесь 0,20 мг/л и ме-
ньше по межквартильному размаху, то весной уже 0,35–0,75 мг/л, ле-
том – 0,22–0,55 мг/л. Это объясняется, по-видимому, особенностью
влияния р.Сухоны, в водах которой повышенное содержание аммонийного
азота. В различные гидрологические периоды соотношения расходов во-
ды рек Сухоны и Вычегды неоднозначны. Поэтому при увеличении доли
водных масс р.Вычегды, участвующих в формировании стока Северной
Двины, снижается содержание аммонийного азота и, наоборот, при уве-
личении доли водных масс Малой Северной Двины увеличивается содер-
жание этого вида соединений азота.

У д.Абрамково годовой ход ионов аммония такой: здесь зимой меж-
квартильный размах концентрации NH_4^+ составляет 0,08–0,25 мг/л, ве-
сной и во время дождевых паводков – 0,05–0,16 мг/л, самые низкие зна-
чения концентрации отмечаются летом – 0,02–0,11 мг/л, т.е. максималь-
ной концентрацией характеризуется период закрытого русла, во время
которого скорость превращения неконсервативных примесей наименьшая.
Такое же распределение прослеживается для отвора железнодорожного
моста. Изучение статистических связей между концентрацией аммония и
расходами воды в межениные периоды указало на их неустойчивость.

Нитритный азот присутствует в водах Северной Двины в незначи-
тельной концентрации. В межениные периоды медианная концентрация этого со-
единения у постов Котлас, Абрамково и Усть-Пинега не превышает
0,003 мг/л, во время половодья нитрит-ион в большинстве проб отсут-
ствует. Исключение составляет отвор железнодорожного моста, где в
период зимней межени содержание нитритного азота значительно выше,
чем в остальных отворах: межквартильный размах, характеризующий этот
период, включает значения 0,002–0,013 мг/л. Максимальная концентра-
ция, отмеченная здесь (0,180 мг/л), в 20 раз превышает среднюю
(рис.4.II). Подобную картину можно объяснить обросом биологически очи-
щенных оточных вод, содержащих нитриты в значительных количествах, а
также замедленным процессом превращения нитритов при закрытом русле
и низкой температуре воды.

Естественный годовой ход концентрации нитритных монов, который характеризуется увеличением в период зимней межени и резким снижением в период вегетации, не нарушается на всем протяжении Северной Двины. Межквартильный размах концентрации нитритов у поста Котлао в период ледостава составил 0,07–0,20 мг/л, а в период вегетации – менее 0,05 мг/л. В отворах, расположенных ниже по течению, интервал концентрации зимой 0,22–0,32 мг/л (пост Абрамково) и 0,22–0,44 мг/л (пост Усть-Пинега). Летом во всех отворах от поста Абрамково до железнодорожного моста содержание нитритов не превышает 0,07 мг/л.

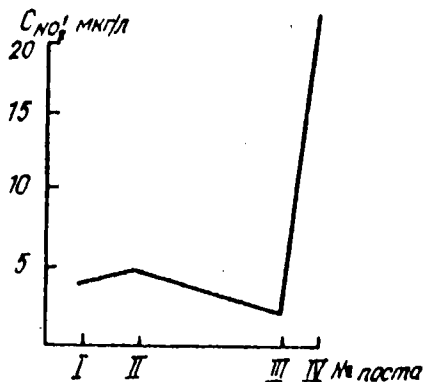


Рис. 4. II. Пространственная изменчивость содержания нитритов в воде Северной Двины в период зимней межени по постам I–IV.

В последнем отворе минимум приходится на период весеннего половодья.

Данные о содержании общего фосфора свидетельствуют о наличии сезонных колебаний этого элемента. Отмечается возрастание его концентрации в период зимней межени и снижение в период вегетации. Максимальные значения отмечены зимой у поста Котлао и железнодорожного моста (0,094 мг/л).

Содержание минерального фосфора ниже, причем соотношение $R_{\text{мин}}/R_{\text{общ}}$ изменяется в зависимости от сезона и составляет в среднем для межених периодов 0,60, для весеннего половодья – 0,27. Минимальная концентрация элемента приходится во всех отворах, кроме отвора железнодорожного моста, на период вегетации.

Выводы

1. Особенностью ионного состава вод Северной Двины является отсутствие второго доминирующего катиона магния на натрий в межених периоды на участке верхнего течения, причем в период весеннего половодья на всем протяжении реки вновь восстанавливается в катионном составе преобладание концентрации магния (по весовой концентрации).

2. Отмечено явное влияние вод Малой Северной Двины на химический состав речной воды у поста Котлао. Наиболее заметным является повышенное содержание в этом отворе аммонийного азота в период летней межени и весеннего половодья.

3. В целом на всем протяжении реки сохраняется естественный режим компонентов химического состава. Содержание органических веществ в воде в течение года изменялось в основном под влиянием естественных факторов.

4. Наиболее подверженным антропогенному воздействию является участок реки у железнодорожного моста. Здесь прослеживается возрастание содержания органических веществ в меженные периоды по сравнению с содержанием органических веществ в створах, расположенных выше по течению.

4.4. Дельта р.Северной Двины

Дельта Северной Двины, состоящая из трех крупных рукавов и множества более мелких протоков, в гидрохимическом отношении представляет собой наиболее оложный водный объект рассматриваемого бассейна. Такую ситуацию обуславливает, с одной стороны, наличие здесь мощного промышленно-транспортного узла, сформированного городами Архангельском, Новодвинском и Северодвинском, а с другой - влияние Белого моря посредством проникновения в дельту длинных волн приливного и ветрового генезиса. Последние помимо гидродинамического воздействия влекут за собой проникновение в дельтовые водотоки соленых вод, создавая на нижних участках зону омешения речных и морских вод с хорошо выраженными пространственными градиентами различных гидрохимических параметров.

Южной границей дельты принято считать створ железнодорожного моста (вершина дельты), а северной - линию, соединяющую о-ва Ягры, Гремяха, Кумбыш, Голец и Лебедин (морской край дельты). Расположение створов в дельтовых водотоках, по которым имеется наибольшее число архивных гидрохимических данных, показано на рис. 4.12.

Воды дельты Северной Двины вне зоны проникновения морской водной массы по главным ионам имеют состав, близкий к водам реки выше ее устьевой области, т.е., согласно классификации О.А.Алекина, относятся к гидрокарбонатному классу кальциевой группы. Их минерализация по водотокам дельты в среднем изменяется в пределах 370-410 мг/л в зимнюю межень, 75-90 мг/л - в весеннее половодье, 190-230 мг/л - в летнюю межень и 240-270 мг/л - в осенний период. На морском крае дельты минерализация поверхностных вод зоны омешения в зимний период обычно составляет 3-8 г/л, в летне-осенний период - 4-6 г/л.

Максимальные значения минерализации на границе Двинского залива и дельты в отдельных ситуациях, как правило, связанных с нагонно-огонными явлениями, могут достигать уровня 25-26 г/л, близкого к фоновой солености Белого моря. На пике весеннего паводка зона омешения морских и речных вод обычно вытесняется в Двинский залив за пределы дельты, и в ее водотоках в это время присутствуют чисто речные мало-минерализованные воды. Для дельты на участках ее осолонения характерна термохалинная стратификация с наличием олоя скачка плотности, препятствующего вертикальному обмену вод. Это часто приводит к такой ситуации, когда в протоках дельты над морскими водами в глубоких жёлобах располагаются речные.

ход носит хорошо выраженный сезонный характер и тесно связан с изменчивостью стока Северной Двины. Данная связь достаточно хорошо аппроксимируется функцией $C = aQ^b$, типичной для рек Севера [4]. Здесь a и b — эмпирические константы, а Q — расход воды в отворе, где проводились гидрохимические наблюдения или в другом близлежащем отворе (при отсутствии значительной боковой приточности).

На тех участках дельты, куда могут проникать морские воды, в летне-осенний период в отдельных случаях, связанных со штормовыми явлениями, наблюдаются значительные отклонения от такой зависимости (рис. 4.13). Следует сразу отметить, что подобные аппроксимации реализуемы и для других основных компонентов солевого состава дельтовых вод.

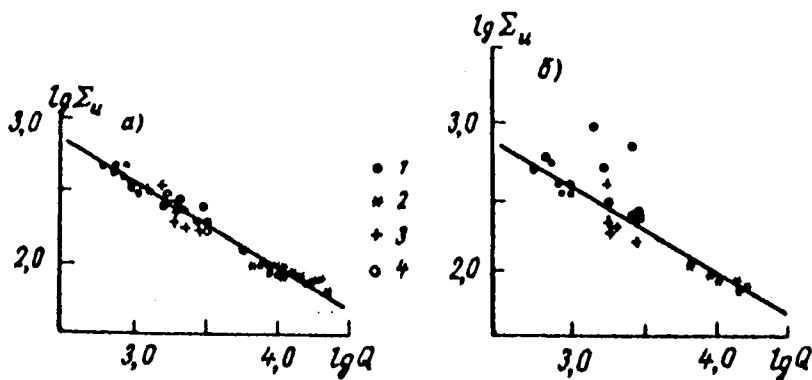


Рис. 4.13. Связь минерализации вод дельты Северной Двины у постов Соломбала (а) и порт Экономия (б) с расходами воды у поста Усть-Пинега по данным за 1976–1985 гг.

а — измерения на поверхности в середине водотока, б — измерения на поверхности у правого берега, 1 — зима, 2 — весна, 3 — лето, 4 — осень.

В речных водах дельты среди главных ионов доминируют гидрокарбонаты. Их концентрация в зимнюю межень по водотокам дельты обычно изменяется в диапазоне 172–185 мг/л, в весеннее половодье — 32–40 мг/л, в летнюю межень — 92–120 мг/л и осенью — 91–128 мг/л. Максимальные значения концентрации данного аниона отмечаются зимой и достигают 209–212 мг/л. На участках дельты, куда проникают морские воды, они могут повышаться до 230–270 мг/л. Минимальные значения концентрации оставляют 16–25 мг/л и наблюдаются при прохождении через дельту пика весеннего паводка.

Распределение гидрокарбонатов в поперечных сечениях дельтовых водотоков достаточно однородно, в том числе на участках, где хорошо выражается влияние оточных вод.

Между изменениями этого показателя и колебаниями речного стока существует отчетливо выраженная корреляция. Судя по всему, данный элемент солевого состава дельтовых вод испытывает наименьшее воздействие антропогенной нагрузки и может служить репером для оценки естественной изменчивости основных ионов. Это утверждение хорошо согласуется с аналогичными исследованиями, проведенными для других крупных рек европейской части СССР [12].

Медианное содержание в речных водах дельты сульфатных ионов, занимающих второе место по значимости в группе анионов, составляет 79–104 мг/л в зимнюю межень, 17–22 мг/л – весной, 42–73 мг/л – в летнюю межень и 48–74 мг/л – в осенний период. Наиболее высокие значения концентрации сульфатов характерны для участков, где прослеживается влияние морских вод, а также сточных вод Архангельского и Соломбальского ЦБК. Более низкие ее значения наблюдаются по правобережью основного русла Северной Двины, в верхнем течении протоки Кузнечихи и Корабельного рукава. В чисто речных водах максимальные значения концентрации сульфатов в меженные периоды могут достигать 112–142 мг/л, а на участках осолонения дельтовых вод значения концентрации сульфатов могут повышаться до 400–700 мг/л и более. Минимальные значения отмечаются на пике весеннего половодья (5–11 мг/л), что сопоставимо с концентрацией сульфатов в снежном покрове северной зоны европейской части СССР (0,5–5,0 мг/л) [3]. В створах, где прослеживается влияние морских вод, в меженные периоды более высокая концентрация сульфат-ионов характерна для придонных вод. Для левобережья вершины дельты и Никольского рукава в зоне влияния сточных вод Архангельского ЦБК свойственна обратная картина. В периоды повышенной водности Северной Двины распределение сульфатов по поперечным сечениям дельтовых водотоков становится относительно однородным. Как и гидрокарбонаты, сульфаты имеют хорошо выраженную связь с изменчивостью речного стока. Следует отметить, что на участках влияния промышленных стоков данная связь несколько ослабевает. Это наглядно иллюстрирует, например, сравнение графиков зависимости содержания сульфат-ионов от расходов воды Северной Двины для постов Соломбала и 29-й лесозавод в летний период (рис. 4.14). На последнем для устранения влияния морских вод значения концентрации сульфатов брались лишь для минерализации меньше 500 мг/л.

Содержание хлоридов в речных водах дельты Северной Двины незначительно и в среднем по ее водотокам составляет 14–17 мг/л в зимнюю межень, 2–5 мг/л – в весенний период, 7–10 мг/л – в летнюю межень, 8–12 мг/л – осенью. В меженные периоды средние значения концентрации хлоридов по многолетним выборкам в протоке Маймаке около порта Экономика и нижнем течении протоки Кузнечихи повышаются до 25–40 мг/л. На морском краю дельты концентрация хлоридов в это время в среднем составляет 2,8–3,1 г/л. Эти ионы становятся доминирующими

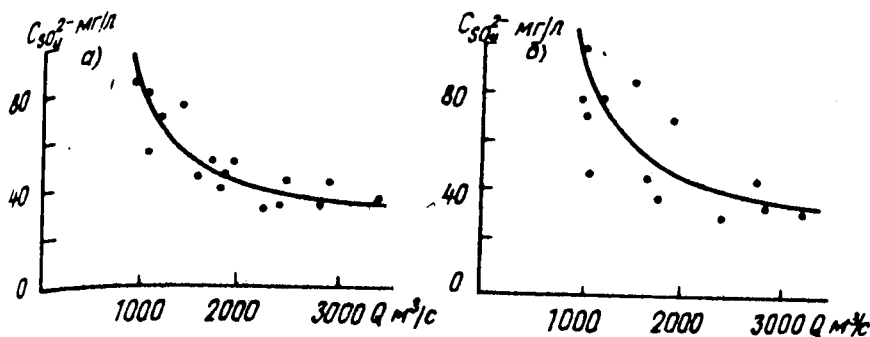


Рис. 4.14. Связь содержания сульфатов у постов Соломбала (а) и 29-й лесозавод (б) с расходами воды Северной Двины у поста Усть-Пинега в летний период по данным за 1962-1985 гг.

а - измерения на поверхности в середине водотока,
б - измерения на поверхности у левого берега.

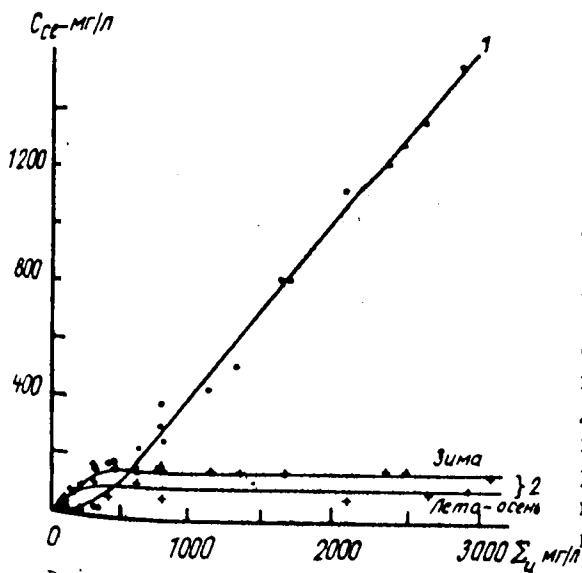


Рис. 4.15. Связь содержания хлоридов и гидрокарбонатов с минерализацией воды в протоке Маймаксе в отворе 2 км ниже порта Экономия по данным наблюдений за февраль-октябрь 1986 г.
1 - хлориды, 2 - гидрокарбонаты.

в группе анионов при минерализации дельтовых вод выше интервала 400-600 мг/л. Причем нижняя граница данного интервала характерна для летне-осеннего, а верхняя - для зимнего периода. Это, в частности, можно проследить при анализе связи минерализации с содержанием хлоридов и гидрокарбонатов по данным наблюдений в протоке Маймаксе в створе, расположенном в 2 км ниже устья протоки Кузнечихи (рис. 4.15).

Следует отметить, что расчет солености по уравнению

$$S = 0,082 + 1,8006 C_{\Sigma}$$
 рекомендуемому в методических указаниях [16]

для вод Белого моря при хлорности 0,5–1,5‰ часто дает заниженные результаты (примерно на 0,1–0,2‰). Однако этот факт, обнаруженный для зоны омешения речных и морских вод, подтвержден лишь для проток Маймаксы и Кузнечихи и может быть не типичным для других участков дельты Северной Двины, менее подверженных антропогенному воздействию.

Необходимо также упомянуть, что на водооборе дельты известен один водоток – р. Лодьма, в водах которой преобладающими анионами являются хлориды [7]. Но влияние этой реки на процессы изменения солевого состава дельтовых вод, попадающих в протоку Кузнечиху, проследить очень трудно из-за маскирующего эффекта проникающих сюда морских вод.

Содержание кальция, играющего главенствующую роль в группе катионов в пресных водах дельты, по ее водотокам в среднем составляет 64–68 мг/л в зимнюю межень, 13–16 мг/л – в весеннее половодье, 37–42 мг/л – в летнюю межень, 34–42 мг/л – в осенний период. Его максимальная концентрация в чисто речных водах зимой достигает значений 78–82 мг/л, а минимальная – при прохождении пика половодья – 9–11 мг/л. На участках, где прослеживается влияние морских вод, в частности, в нижнем течении протоки Кузнечихи и среднем течении протоки Маймаксы концентрация ионов кальция в меженные периоды может достигать значений 105–164 мг/л и более. Различия в содержании ионов кальция по конкретным водотокам дельты вне зоны осолонения выражены крайне слабо. По поперечным сечениям дельтовых проток его концентрация распределена почти однородно, за исключением вегетационного периода, когда поверхностные слои воды содержат больше кальция, чем придонные. Последнее обстоятельство, видимо, обусловлено гидробиологическими факторами. Например, это может быть связано с затратами кальция на постройку раковин у моллюсков.

Внутригодовая изменчивость рассматриваемого показателя носит хорошо выраженный сезонный характер, и его колебания довольно хорошо коррелируются с изменениями водности Северной Двины (рис. 4.16).

Вторым доминирующим после кальция элементом в группе катионов в речных водах дельты является магний, но в период лето–осень–зима он в прямом количественном выражении уступает натрию. Однако следует отметить, что в 50–60-х гг. содержание магния (в миллиграммах) превышало сумму ионов натрия и кальция и в меженные периоды (табл. 4.3).

Наблюдающееся в настоящее время соотношение данных катионов, очевидно, связано с влиянием антропогенных факторов, хотя не следует исключать и другие причины естественного происхождения.

Средняя концентрация ионов натрия по дельтовым водотокам вне зоны их осолонения составляет для зимней межени 15–19 мг/л, для весны – 2–4 мг/л, для летней межени – 9–10 мг/л и для осени – 9–13 мг/л. При этом максимальная концентрация наблюдается зимой и достигает

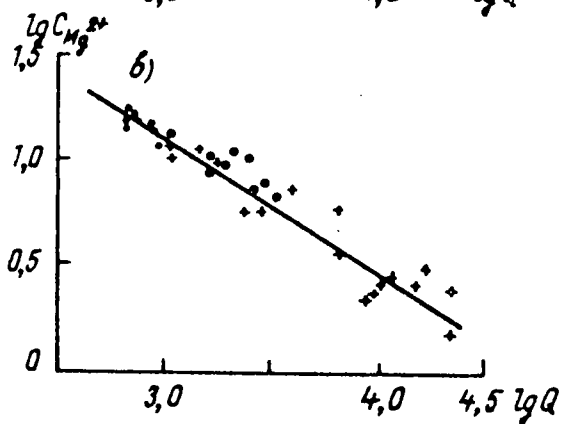
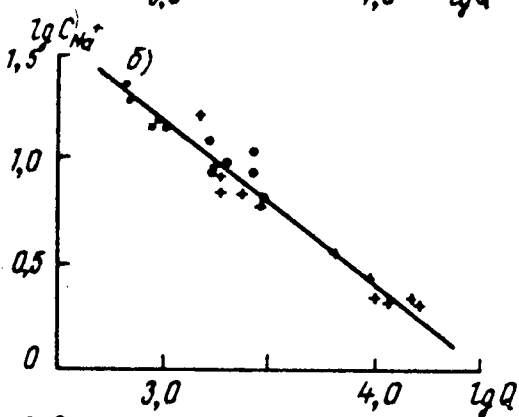
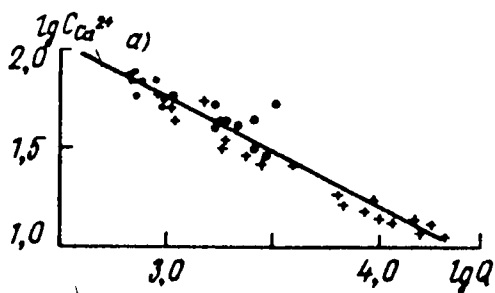


Рис. 4.16. Связь содержания Ca^{2+} (а), Na^{+} (б) и Mg^{2+} (в) в воде Северной Двины у поста Конвейер в Корабельном рукаве о расходах воды у поста Усть-Пинега по данным за 1967-1985 гг.
Усл. обозн. см. рис. 4.13.

Таблица 4.3

Многолетняя изменчивость и соотношение содержания ионов магния и суммы ионов натрия и калия в дельте Северной Двины в отворе Соломбала в летний период
(числитель - мг/л, знаменатель - ммоль)

Дата отбора проб воды	Mg^{2+}	$Na^{+} + K^{+}$	$\frac{Na^{+} + K^{+}}{Mg^{2+}}$
03.08.51	4,9/0,403	2,0/0,080	0,20
25.07.59	6,1/0,502	2,2/0,088	0,18
31.08.62	11,7/0,962	3,8/0,152	0,16
16.08.65	7,1/0,584	6,0/0,240	0,41
15.07.66	8,3/0,683	5,2/0,208	0,30
16.08.67	10,6/0,872	5,0/0,200	0,23
09.09.68	8,6/0,707	12,2/0,488	0,69
29.07.69	4,6/0,378	8,8/0,352	0,93
08.08.77	11,3/0,929	19,7/0,788	0,85
25.07.78	4,7/0,386	7,0/0,280	0,73
09.08.79	8,9/0,732	10,2/0,408	0,56
08.08.80	8,0/0,658	10,7/0,428	0,65
19.08.81	11,9/0,979	18,2/0,728	0,74
17.08.82	9,7/0,798	12,1/0,484	0,61
16.08.83	7,7/0,633	10,0/0,400	0,63
01.08.84	6,1/0,502	7,3/0,292	0,58
02.08.85	6,6/0,543	7,5/0,300	0,55
29.07.86	5,7/0,469	7,3/0,292	0,62

значений 20-22 мг/л и более, а минимальная - весной - до 2 мг/л. На участках проникновения в дельту морских вод содержание натрия резко возрастает и в зоне омешения речной и морской водных масс его концентрация в межнные периоды увеличивается до значений 150-500 мг/л и более.

Распределение ионов натрия в поперечных сечениях дельтовых водотоков вне зоны осолонения по вертикали однородное. В плановом отношении на участках влияния оточных вод могут наблюдаться ощутимые различия. В частности, повышенная концентрация натрия типична для левобережья основного русла Северной Двины и верхнего участка Никольского рукава.

Внутригодовая изменчивость содержания ионов натрия носит сезонный характер, но в связи с их относительно небольшим удельным весом выражена более слабо по сравнению с изменчивостью содержания кальция. Связь содержания ионов натрия со стоком Северной Двины прослеживается достаточно четко (см. рис. 4.16).

Средняя концентрация магния для речных вод дельты составляет 14-16 мг/л для условий зимней межени, 3 мг/л - для весны, 8-10 мг/л - для условий летней межени и 9-11 мг/л - для осеннего периода. При этом наибольшие значения концентрации магния наблюдаются в конце зимы и достигают 18-22 мг/л, а минимальные - при прохождении пика половодья - 1-2 мг/л. В зоне омещения речных и морских вод концентрация ионов магния в меженные периоды может повышаться до значений 100-380 мг/л и более.

По поперечному сечению дельтовых водотоков вне зоны осолонения распределение магния довольно однородно. Из рис. 4,16 видно, что сезонные колебания его содержания в основном определяются внутригодовой изменчивостью стока воды Северной Двины. Значительное расхождение точек от прямой связи в весенний период обусловлено большой чувствительностью операции логарифмической линеаризации данных для малых абсолютных значений концентрации. Это вытекает из свойств логарифмической функции, которая при аргументе, равном единице и меньше, резко увеличивает свои значения.

Среди главных компонентов речных вод рассматриваемого района наименьшая концентрация катионов приходится на ионы калия. В отдельных случаях их удельный вес сопоставим с вкладом минеральных солей азота. Концентрация калия в пресных водах дельты в среднем составляет 1,5-1,8 мг/л в период зимней межени, 0,9-1,2 мг/л - весной, 1,2-1,4 мг/л - в летне-осенний период. При этом максимум, фиксируемый в зимний период, достигает 2-3 мг/л, а минимум, отмечаемый в весеннее половодье - 0,3-0,7 мг/л. В зоне омещения речных и морских вод концентрация ионов калия может достигать значений 11-64 мг/л и более. Сезонная изменчивость содержания калия прослеживается, но выражена довольно слабо из-за его низкой по абсолютному значению концентрации.

Межгодовая изменчивость содержания основных главных ионов и минерализации вод дельты Северной Двины во многом зависит от многолетнего хода водности реки. Поэтому наблюдаемая в 1975-1985 гг. тенденция к некоторому уменьшению их значений обусловлена повышением стока Северной Двины в этот период. Для получения достоверной оценки наличия какого-либо тренда или стационарности в многолетней изменчивости солевого состава вод рассматриваемого района необходим ряд натурных наблюдений не менее чем за 22 года, чтобы охватить низкочастотные составляющие колебаний стока Северной Двины, охватывающие около 30% общей амплитуды [13].

Воды дельты Северной Двины имеют слабощелочные свойства, за исключением периода прохождения пика половодья, когда pH уменьшается до значений нейтральной реакции или приобретает значения, характерные для слабощелочных вод. Средние значения этого показателя для условий зимней межени составляют 7,19-7,27, весеннего половодья -

7,00–7,13, летней межени – 7,54–7,64, осени – 7,56–7,73. Максимальные значения pH иногда доходят до 8,15–8,30 и отмечаются осенью, реже в летний период. Они более характерны для протоки Кузнечихи, нижнего течения Маймаксы и Корабельного рукава и, очевидно, связаны с особенностями распределения вышей водной растительности на территории дельты. Минимальные значения pH = 6,7...6,9 наблюдаются весной и в редких случаях зимой и сопутствуют при этом глубокому дефициту кислорода. Для указанных периодов они наиболее типичны для нижнего отрезка протоки Кузнечихи.

Слабощелочные свойства вод дельты меняются на слабокислотные обычно при превышении расхода воды 23 700 м³/с по посту Усть-Пинега. Это значение имеет сравнительно небольшую обеспеченность, поэтому значения pH < 7 наблюдаются относительно редко. Следует отметить, что при увеличении кислотности зимних осадков на севере европейской части СССР данный процесс может углубиться. Поддержкой данному предположению в определенной степени оживит динамика рядов pH на некоторых участках дельты (рис. 4.17).

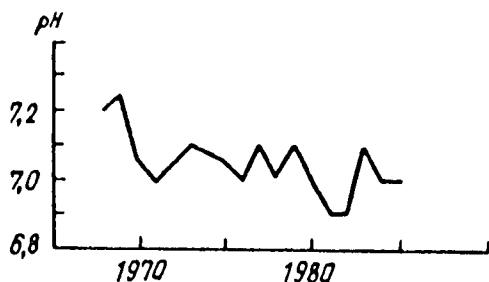


Рис. 4.17. Многолетняя изменчивость значений pH у поста Конвейер в Корабельном рукаве в весенний период.

Распределение pH по поперечным сечениям дельтовых водотоков сравнительно однородно, наибольшие различия характерны для осеннего периода. При этом влияние более минерализованных морских вод выражено, как правило, слабо.

Внутригодовая изменчивость значений pH в дельте Северной Двины довольно хорошо прослеживается и в основном определяется двумя факторами – сезонным изменением кислотно-щелочных свойств речных вод, поступающих в рассматриваемый район, и гидробиологическими процессами, проявляющимися по-разному на его конкретных участках. В отдельных случаях определенную роль в этом отношении может играть окисление органического вещества, поступающего в воды дельты со оточными водами.

Связь pH с речным стоком неявная, но при соответствующем анализе ее нетрудно выявить. Для примера на рис. 4.18 показана связь интегральных медианных значений pH в расходе воды Северной Двины. По медианным значениям pH для равных интервалов изменения расхода воды

(длина интервала равна $0,1 \lg Q$) можно провести линию регрессии, коэффициент корреляции которой довольно велик ($-0,86$).

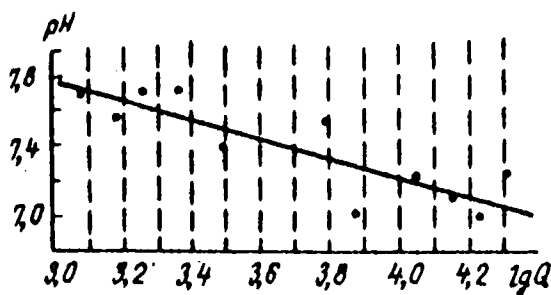


Рис. 4.18. Связь медианных значений pH у поста Соломбала в Корабельном рукаве с расходами воды Северной Двины у поста Усть-Шинег в мае-октябре 1962-1985 гг. Пунктиром обозначены интервалы, для которых определялись медианы pH.

Кислородный режим дельты Северной Двины характеризуется значительной сезонной изменчивостью. Средняя концентрация кислорода для водотоков дельты в зимнюю межень колеблется в диапазоне 1,8-5,0 мг/л, весной - 9,8-11,0 мг/л, в летнюю межень - 6,0-8,5 мг/л и осенью - 11,0-11,8 мг/л. Соответствующее насыщение дельтовых вод кислородом составляет 12-30% для зимней межени, 82-94% - для весны, 60-86% для лета и 80-88% - для осеннего периода. Интересно отметить, что на устьевом взморье Северной Двины наблюдается иная ситуация. Насыщение поверхностных слоев здесь в среднем составляет 99-101% для весны, 102-104% - для лета и 97-102% - для осени. Наибольший дефицит кислорода в первую очередь типичен для нижнего течения протоки Кузнечихи, где прослеживается влияние сточных вод с очистных сооружений Соломбальского ЦК, а также для Никольского рукава. На первом из упомянутых участков иногда отмечались случаи, когда концентрация снижалась до нуля не только при ледоставе, но и летом при большом прогреве речных вод. Правда следует заметить, что это было типично лишь для первой половины 70-х гг., а в 80-х гг. кислородный режим значительно улучшился практически по всей дельте. Максимальная концентрация кислорода отмечается непосредственно перед ледообразованием и составляет 14,2-14,9 мг/л. Перенасыщение вод кислородом в вегетационный период нехарактерно для дельты Северной Двины за исключением ее морской зоны, куда поступают воды с устьевого взморья и с приливных маршей. На первом основном продуцентом кислорода выступает фитопланктон, на втором - водная растительность, занимающая зону приливной осушки. Максимальное относительное содержание кислорода в средней части дельты, зарегистрированное по правобережью Никольского рукава, оставило 122-127%. Кроме этого, слабое перенасыщение водной среды

кислородом (103–109%) отмечается в нижнем течении протоки Кузнечихи, когда эффект "удобрения" водотока сточными водами преобладает над их токомчехским влиянием и затратами на окислительные процессы.

Для кислорода характерно крайне неоднородное распределение его концентрации по поперечным сечениям дельтовых водотоков. Здесь оказывается многофакторность процессов, определяющих формирование кислородного режима. В период весна–лето–осень основную роль в этом отношении играют пространственные флуктуации температуры воды. В период ледостава распределение кислорода в створе зависит от особенностей деформации ледяного покрова и его влияния на проточность различных участков водотока (рис. 4.19). Для этого показателя наиболее типичным во все сезоны является более значительный дефицит кислорода в поверхностных слоях по сравнению с придонными.

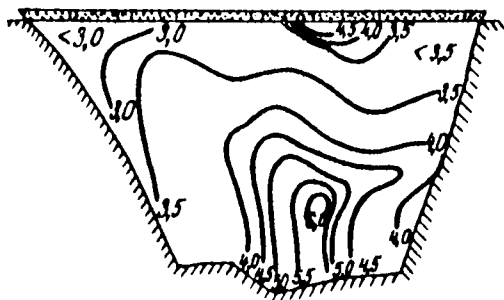


Рис. 4.19. Распределение кислорода (мг/л) у поста Соломбала в Корабельном рукаве 8 апреля 1986 г. в момент, близкий к малой воде приливного цикла.

В период ледостава колебания содержания кислорода тесно связаны с изменчивостью речного стока [19], в другое время года определяющий вклад в изменения его содержания вносит температура воды.

В плане многолетней изменчивости в первой половине 80-х гг. по кислородному режиму дельты Северной Двины сложилась благоприятная ситуация, которая привела к возрастанию содержания кислорода в период ледостава (рис. 4.20). Она обусловлена, с одной стороны, усилением водоохранных мер, а с другой – наличием тренда к возрастанию стока Северной Двины в последующий период. В летнюю межень многолетние колебания содержания кислорода для большинства водотоков дельты носят квазистационарный вид.

Для рассматриваемого района, судя по значениям ПК_5 , характерно повышенное содержание легкоокисляемых веществ. Значения ПК_5 для водотоков дельты в среднем составляют 1,6–2,4 мг/л молекулярного кислорода в зимнюю межень, 2,0–2,9 мг/л – в весеннее половодье, 1,2–

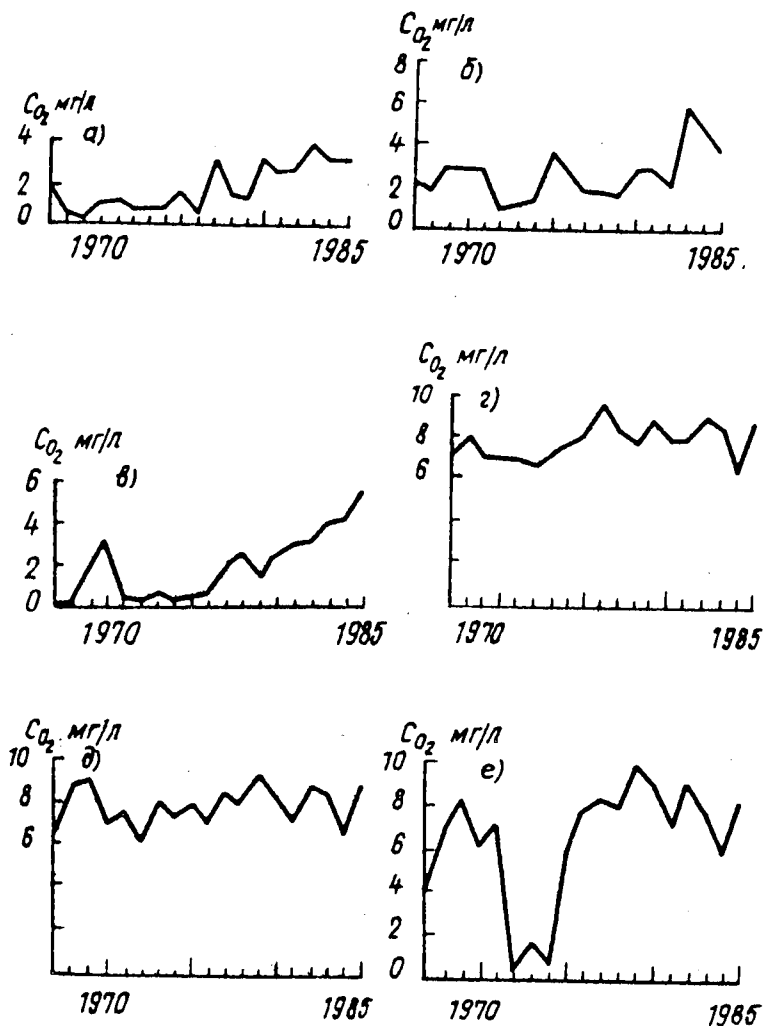


Рис. 4.20. Многолетняя изменчивость содержания кислорода в воде дельты Северной Двины у постов Рыкасиха (а,г), 3 км ниже гидролизного завода (б,д) и 29-й лесозавод (в,е) в зимнюю межень (а-в) и летнюю (г-е) межень.

а, в, г, е - измерения на поверхности у левого берега; б, д - на поверхности в середине водотока.

2,3 мг/л – в летнюю межень и 1,9–2,9 мг/л – в осенний период. Для левобережья верхней части Никольского рукава и нижнего течения протоки Кузнечихи аналогичные значения несколько выше. Здесь отмечается наибольшее содержание легкоокисляемых веществ. Наименьшие их концентрации наблюдаются в Корабельном рукаве. Для сезонного распределения БПК₅ в водах дельты Северной Двины в целом характерно наличие весеннего максимума, связанного с поступлением в ее водотоки загрязненных талых вод. Однако на отдельных участках дельты, например, на левобережных вертикалях в протоке Кузнечихе имеет место зимний максимум, а в средней части Корабельного рукава – осенний максимум. Последний, вероятно, формируется за счет автохтонного органического вещества, поступающего с высокопродуктивной зоны приливной осушки нижнего отрезка Корабельного рукава. Минимум содержания легкоокисляемых веществ на конкретных водотоках рассматриваемого района наблюдается в различные сезоны, но наиболее он типичен для зимней межени. Аномальным по отношению к другим зонам дельты выглядит участок, примыкающий к левобережью протоки Кузнечихи в районе оброса оточных вод с очистных сооружений Соломбальского ЦБК. Здесь фиксируется весенний минимум, что обусловлено преобладанием фактора разбавления оточных вод речными над такими процессами, как поступление загрязненных талых вод или биологическое продуцирование. Абсолютный минимум по БПК₅ чаще всего отмечается в летний период и достигает значений 0,5–0,2 мг/л молекулярного кислорода, а в отдельных случаях и менее.

Для распределения исследуемого показателя в поперечных сечениях дельтовых водотоков типичны различного рода неоднородности. Наиболее характерным является превышение поверхностных значений концентрации над придонными, особенно это заметно в весеннее половодье.

Связь колебаний БПК₅ с изменчивостью речного стока выражена сравнительно слабо. Наиболее четко она прослеживается в летне-осенний период, когда уменьшение стока Северной Двины повышает вероятность появления более высоких значений БПК₅. На участках, где фиксируется влияние обросов промышленных оточных вод, такая связь существует в течение всего года. При этом появляются зимний максимум и весенний минимум, соответствующие сезонному распределению водности Северной Двины.

Многолетняя изменчивость содержания легкоокисляемых веществ в водах дельты по сезонам по данным за 1967–1985 гг. носит характер, близкий к случайным колебаниям, наложенным на небольшой тренд. Последний в его линейном приближении показывает, что на менее загрязненных участках рассматриваемого района имеет место тенденция к возрастанию значений БПК₅, а на других – к их уменьшению. В весенний период высокие значения БПК₅ чаще всего отмечаются в годы с растя-

нутым по времени половодьем. В летний период такая ситуация характерна в годы с маловодной меженью. В частности, в летнюю межень 1975 г., имеющую самый низкий августовский среднемесячный расход воды за рассматриваемый период, зафиксированы абсолютные максимумы практически по всей дельте. Содержание органического вещества по показателю ХПК в водах Северной Двины в медианном выражении составляет 29–41 мг/л атомарного кислорода для условий зимней межени, 40–40 мг/л – в период весеннего половодья, 38–47 мг/л – для условий летней межени и 38–50 мг/л в осенний период. Наибольшие его значения характерны для Никольского рукава и нижнего течения протоки Кузнечихи. Здесь зарегистрированы максимумы, достигающие значений 80–101 мг/л. На остальных участках дельты уровень максимальных значений ХПК примерно одинаков и достигает значений 69–74 мг/л. Минимальное содержание органического вещества может снижаться до 17–20 мг/л, причем чаще всего такая ситуация отмечается в зимнюю и летнюю межени. Сезонная изменчивость ХПК выражена сравнительно слабо (рис. 4.21). Во всех отборах

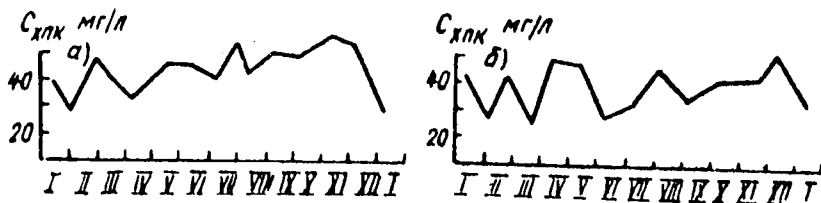


Рис. 4.21. Внутригодовая изменчивость ХПК у постов Рыкасиха в Никольском рукаве (а), 3 км ниже устья р. Юрас в протоке Кузнечихе (б) по данным за январь 1984 – январь 1985 гг.

дельтовых водотоков, где ведутся стационарные гидрохимические наблюдения, отмечается зимний минимум. Максимум для ХПК на различных участках дельты наблюдается в разное время периода весна–лето–осень, например, в отворе 29-го лесозавода в протоке Кузнечихе – осенью, в отворе д. Красное в Мурманском рукаве – летом. Но чаще всего он фиксируется в весеннее половодье. Это говорит о сравнительно малом содержании органического вещества в грунтовых водах, играющих значительную роль в формировании химического состава вод Северной Двины в зимнюю межень. Появление высоких значений ХПК весной связано с поступлением в водную среду загрязненных талых вод, а также с существенной эрозией верхнего слоя донных отложений в водотоках бассейна, в том числе на их пойменных участках, при резком увеличении скоростей течения в весенний паводок. В поддержку последнего довода говорит повышение концентрации ХПК в придонных водах по сравнению с поверх-

ностями в зимнюю межень, когда ослабление гидродинамических процессов способствует аккумуляции различного рода органических остатков на донных отложениях. Следует отметить, что идентичность во внутригодовом ходе значений ХПК и БПК₅ для осредненных условий прослеживается лишь для Никольского рукава и верхнего течения протоки Маймакон.

Связь значений ХПК со стоком Северной Двины отчетливо наблюдается лишь в весенний период, когда при превышении значения расхода воды 10 000 м³/с у поста Усть-Пинега содержание органического вещества на многих участках дельты возрастает прямо пропорционально водности реки.

Данные наблюдений по рассматриваемому показателю за 1967-1985 гг. позволяют представить в первом приближении многолетнюю изменчивость ХПК как квазистационарный процесс, отображающий совокупность случайных колебаний. Правда, в осенний период она лучше аппроксимируется длинными волнами с периодом в несколько лет и более с наложенными на них случайными флуктуациями значений ХПК.

Пространственно-временное распределение биогенных веществ в водах дельты отличается большим разнообразием. При этом наибольшую однородность на различных участках рассматриваемого района имеет содержание кремния. Для него характерен отчетливо выраженный сезонный ход с зимним максимумом и летним минимумом (рис. 4.22). Средняя многолетняя концентрация кремния в водотоках дельты для зимней межени составляет 4400-5000 мкг/л, для весеннего половодья - 1700-2100 мкг/л, для летней межени - 900-1100 мкг/л и для осени - 2000-2500 мкг/л. Максимальная концентрация данного ингредиента - 6400-7700 мкг/л - наблюдается зимой и связана с увеличением в питании реки роли грунтовых вод, богатых биогенными веществами. Минимальные значения 100-200 мкг/л и менее - отмечаются в вегетационный период и зависят от интенсивности процессов фотосинтеза. Следует отметить, что концентрация кремния в дельтовых водах практически не лимитирует развитие фитопланктона и макрофитов. Наибольшее содержание кремния характерно для ореднего участка протоки Кузнечихи за исключением летнего периода, когда этот приоритет переходит к Никольскому рукаву. Распределение кремния в поперечных сечениях дельтовых водотоков сравнительно однородно.

Связь колебаний содержания кремния с изменчивостью стока Северной Двины прослеживается слабо, за исключением периода ледостава, когда уменьшение водности реки ведет к увеличению концентрации исследуемого показателя (рис. 4.23).

Содержание фосфатного фосфора для водотоков дельты в медианном выражении для условий зимней межени составляет 16-49 мкг/л, в период весеннего паводка - 7-18 мкг/л, для условий летней межени - 6-

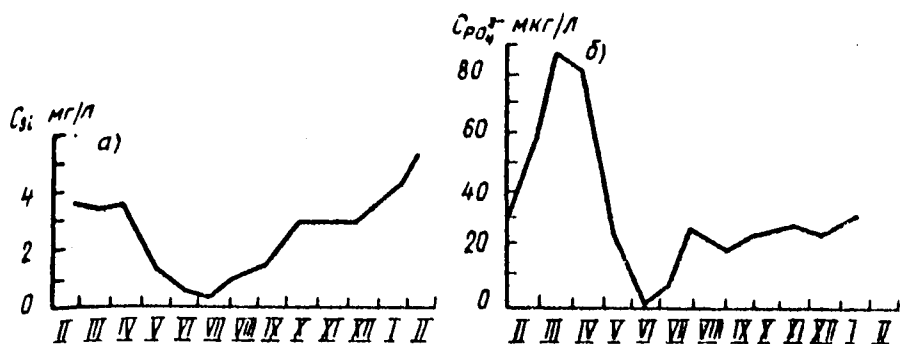


Рис. 4.22. Внутритроговая изменчивость содержания кремния (а) и фосфатного фосфора (б) у поста 3 км ниже устья р. Пурга в протоке Кузнечихе по данным за февраль 1984–февраль 1985 гг.

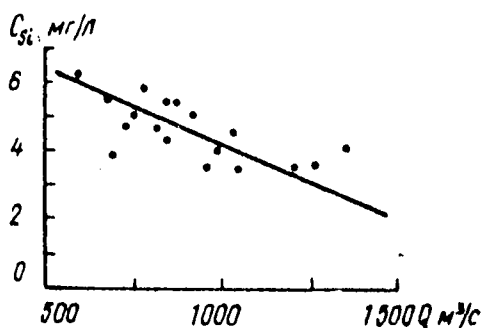


Рис. 4.23. Связь содержания кремния у поста 3 км ниже устья р. Пурга с расходами воды Северной Двины у поста Усть-Пинега в период ледостава по данным за 1977–1985 гг.

29 мкг/л и в осенний период – 9–13 мкг/л. Наибольшее содержание фосфатов характерно для нижнего течения протоки Кузнечихи и примыкающего к ней участка протоки Маймакон. Наименьшее содержание этого вида биогенных веществ типично для Корабельного рукава. Максимальная концентрация фосфатного фосфора, зарегистрированная в отворе 29-го лесозавода в протоке Кузнечихе, составляет 125–160 мкг/л, что в 2–3 раза больше аналогичных максимумов, наблюдаемых в других отворах дельтовых проток и рукавов. Минимальная концентрация снижается до аналитического нуля и отмечается в безледоставный период, а в Корабельном рукаве и в протоке Маймаксе – и в зимнюю межень. В вегетационный период в отдельные годы минеральный фосфор на малозагрязненных участках дельты Северной Двины может исчезать полностью, тем самым лимитируя развитие планктона и макрофитов.

Минеральный фосфор в среднем составляет 50–67% зимой, 19–36% – весной, 18–43% – летом и 30–66% – осенью. В летне-осенний период наибольший удельный вес фосфатного фосфора в этом отношении прослеживается в западной части дельты, более интенсивно освоенной с сельскохозяйственной точки зрения. Аналогичное явление характерно для зоны освоения дельтовых водотоков. Наибольшая изменчивость соотношения между минеральным и органическим фосфором наблюдается на нижнем отрезке протоки Кузнечихи, что обусловлено влиянием антропогенного фактора. Содержание органической формы фосфора здесь может достигать уровня 60–90 мкг/л при наличии минеральной формы в концентрации 0–8 мкг/л.

Распределение фосфатов в поперечных сечениях дельтовых водотоков довольно неоднородно, но при осреднении данных различия между их содержанием в различных точках сечения существенно сглаживаются и не превышает 2–4 мкг/л, что указывает на случайную природу таких флуктуаций. На участках, где хорошо прослеживается влияние сточных вод, в межени периоды придонные слои содержат значительно больше минерального фосфора, чем поверхностные. Такая ситуация, видимо, связана с процессами обмена этим элементом на границе вода – донные отложения.

Сезонная изменчивость минерального фосфора, как правило, хорошо выражена (см. рис. 4.22). На тех участках дельты, где имеются антропогенные источники фосфора (протока Кузнечиха, Никольский рукав), она во многом определяется внутригодовым ходом стока Северной Двины. Это наглядно демонстрирует рис. 4.24, на котором отображена связь

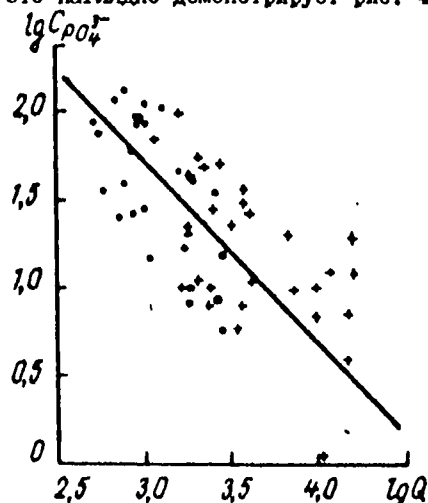


Рис. 4.24. Связь содержания фосфатного фосфора в протоке Кузнечиха у поста 29-й лесозавод (измерения на поверхности у правого берега) по данным за 1977–1985 гг.

Усл. обозн. см. на рис. 4.13.

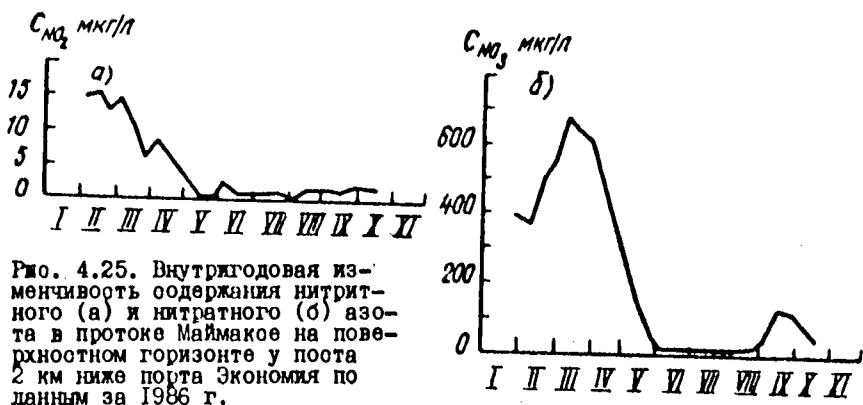
рассматриваемого ингредиента с расходами воды в нижнем течении протоки Кузнечихи. Поэтому на подобных участках содержание фосфатов имеет зимний максимум и весенний минимум. На остальной части водотоков дельты минимум наблюдается при интенсификации процессов фотосинтеза, и здесь связь фосфатного фосфора с колебаниями водоности реки прослеживается лишь вне пределов вегетационного периода. В маловодную летнюю межень содержание фосфатов, как правило, приближается к нулевым значениям. Это можно объяснить длительным стоянием высоких значений темпе-

ратуры воды и воздуха, сопутствующих данному гидрологическому явлению и благоприятствующих развитию процесса фотосинтеза.

Среди минеральных форм азота зимой преобладает нитратный, а в остальное время года — аммонийный азот. Для последнего характерна большая пространственная неоднородность, причиной которой, видимо, является антропогенный фактор.

Медианы для аммонийного азота по сезонным многолетним выборкам для вод дельты в зимнюю межень составляют 70–385 мкг/л, весной — 40–190 мкг/л, в летнюю межень — 30–210 мкг/л и осенью — 80–160 мкг/л. Наибольшая концентрация данного ингредиента в меженьные периоды типична для нижнего участка протоки Кузнечихи, в остальное время года — для Никольского рукава. Для статистического распределения аммонийного азота в зимний и весенний сезоны в протоках Кузнечихе и Маймаке характерны длинные правосторонние "хвосты" за счет появления резко выделяющихся больших значений концентрации. Полное отсутствие аммонийного азота может фиксироваться в любое время года, но наиболее типичным это явление становится летом. Наименьшее содержание аммонийного азота отмечается в Корабельном рукаве, что хорошо согласуется с особенностями расположения источников загрязнения на территории дельты Северной Двины. Сезонные колебания исследуемого показателя на отдельных участках дельты носят различный характер. На сравнительно небольших водотоках, где в значительном количестве образуются промышленные оточные воды, изменчивость его содержания довольно тесно связана с водностью реки, играющей роль разбавляющего фактора. На других дельтовых водотоках наблюдаются зимний или весенний максимум и летний минимум. Зимний максимум отмечается по правобережью Никольского рукава, в Мурманском рукаве, по правобережью протоки Маймаксы и в протоке Кузнечихе. Весенний максимум фиксируется по левобережью Никольского рукава, в Корабельном рукаве и по левобережью Маймаксы. Такая картина, очевидно, связана с особенностями затопления пойм водотоков в весенний паводок, при котором происходит выщелачивание аммонийного азота с поверхности почв прибрежной зоны.

Содержание нитритного азота в водах дельты Северной Двины незначительное, за исключением нижнего течения протоки Кузнечихи, и в медианном выражении составляет 1–7 мкг/л в условиях зимней межени, до 1,5 мкг/л — в остальное время. На упомянутом участке Кузнечихи его медианная концентрация зимой составляет 12–28 мкг/л, весной — 0,5–1,0 мкг/л, в летнюю межень — 1,0–3,5 мкг/л и осенью — 1,5–2,0 мкг/л. Наименьшее содержание нитритов характерно для Корабельного рукава. Зимний максимум наблюдается в Никольском рукаве, протоке Кузнечихе и на примыкающем к ней участке протоки Маймаксы (рис. 4.25). Здесь в зимний период возможно появление высоких значений концентрации рассматриваемого показателя, существенно отличающихся от фонового уровня. Минимум содержания нитритного азота обычно фиксируется в



вегетационный период. Следует отметить, что сезонный ход содержания этой формы минерального азота в целом выражен слабо, за исключением нижнего течения протоки Кузнечихи, где его изменчивость довольно тесно связана с колебаниями речного стока. Последний в этом случае, как и для аммонийного азота, действует в качестве фактора разбавления сточных вод.

Распределение нитритного азота в поперечных сечениях дельтовых водотоков в значительной мере однородно. На отборах, близких к выпуску сточных вод, эта однородность, как правило, нарушается. Многолетние колебания содержания исследуемого ингредиента в 1974–1985 гг. зимой имеют характер, близкий к случайному, с наличием отдельных "выбросов", в остальные сезоны – колебания квазистационарного типа с малой дисперсией процесса.

Содержание нитратного азота по водотокам дельты в среднем выражении составляет 160–300 мкг/л в зимнюю межень, 10–20 мкг/л – в весенний и летний периоды и 20–50 мкг/л – осенью. Наибольшее содержание этой формы минерального азота в зимний период характерно для Никольского рукава и протоки Маймаки в районе порта Экономия, а в остальное время года – для левобережья Никольского рукава и нижнего течения протоки Кузнечихи. На данном участке дельты частота появления высокой концентрации нитратов при ледоставе, видимо, лимитируется замедлением процессов нитрификации, обусловленным суммарным воздействием токсического эффекта сточных вод, низкого содержания кислорода и нулевых значений температуры воды. Однако абсолютные максимальные значения, достигающие уровня 1000–1400 мкг/л и более, которые можно охарактеризовать как "выбросы" по отношению к основному ядру статистического распределения данного ингредиента, зафиксированы зимой именно здесь. Для других участков дельты аналогичные значения

оставляют 400–540 мкг/л. Минимальная концентрация нитратного азота достигает аналитического нуля и отмечается в период весна–осень, а в протоке Маймакее – и при ледоставе.

Внутригодовой ход содержания нитратов отчетливо прослеживается и характеризуется зимним максимумом и весенним или летним минимумом (см. рис. 4.25). Летний минимум наиболее типичен для западной части дельты, где весной возможно поступление талых, обогащенных нитратами, вод с сельскохозяйственных угодий, расположенных вблизи прибрежной зоны водотоков. Весенний минимум наиболее характерен для тех участков, где прослеживается влияние сточных вод. В последнем случае фактор разбавления при повышении водности реки преобладает над процессами биологического вывода нитратного азота из водной среды. Как показывают архивные данные, в отдельные годы в вегетационный период концентрация нитратного азота может понижаться до нуля практически по всей дельте. Таким образом, данный биогенный элемент может олучить лимитирующим фактором для развития фитопланктона в водах дельты.

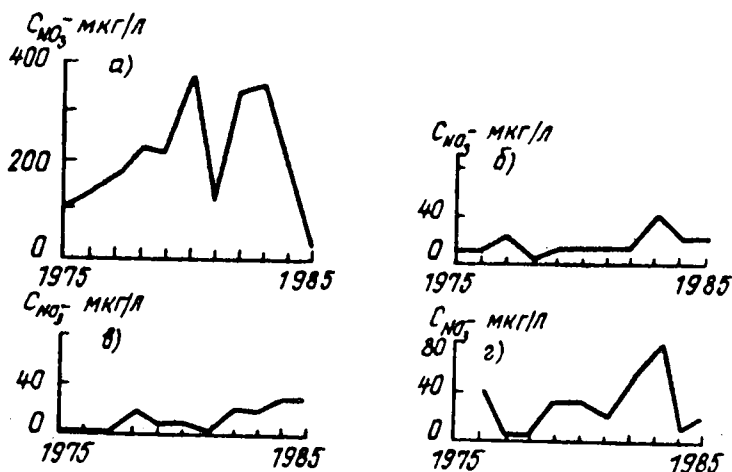
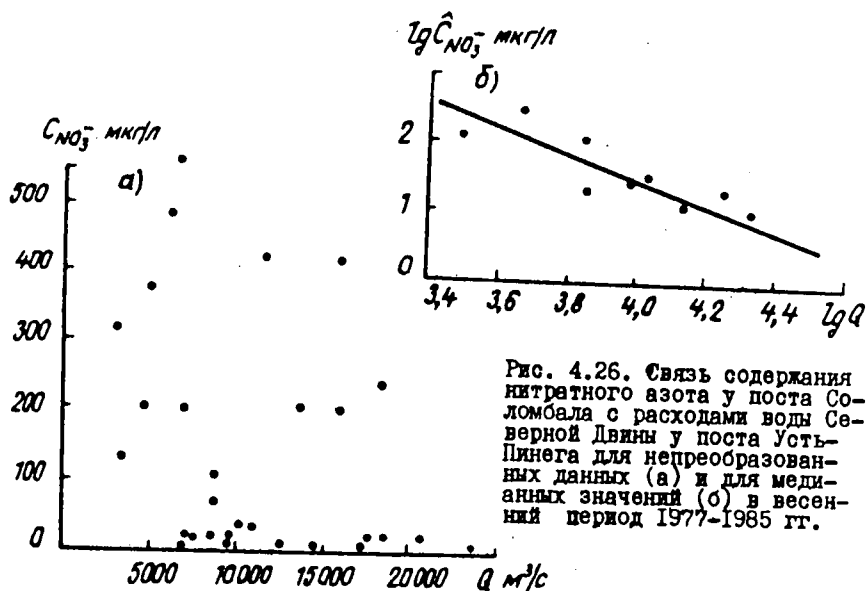
Распределение нитратов по поперечным сечениям дельтовых водотоков в период весна–лето–осень для средних условий сравнительно однородно. Зимой это положение нарушается, причем пространственные флюктуации концентрации нитратов могут иметь различный характер. Такая ситуация помимо чисто гидродинамических причин, видимо, обусловлена асимметричным расположением сбросов сточных вод в дельтовые водотоки и наличием обмена нитратами на границе вода–донные отложения на отдельных участках рассматриваемого района.

Связь содержания нитратного азота с колебаниями стока Северной Двины в различных отворах дельты проявляется по-разному и наибольшую теототу имеет в нижнем течении протоки Кузнечихи. Она, как правило, бывает сильно "запумлена", но при проведении специальной обработки натурных данных, аналогичной операции, описанной для pH по посту Соломбала, можно получить подтверждение ее наличия (рис. 4.26).

Для межгодовой изменчивости содержания нитратного азота типична значительная дисперсия процесса в зимнюю межень, соизмеримая с сезонными колебаниями. Наименьшее рассеивание значений наблюдений около нормы отмечается для условий летней межени, что хорошо видно на рис. 4.27.

Если сравнить пространственно–временную изменчивость рассмотренных форм минерального азота, то окажется, что каждая из них имеет овой индивидуальный характер поведения. Однако там, где в течение всего года доминирует лишь один фактор, что, например, имеет место на участке разбавления сточных вод с очистных сооружений Соломбальского ЦБК, их изменения приобретают сходные черты.

Таким образом, анализ многолетних наблюдений за химическим составом вод рассматриваемого района позволяет сделать следующие выводы.



1. Гидрохимический режим вод дельты Северной Двины отличается большой пространственно-временной изменчивостью. Солевой состав этих вод изменяется от гидрокарбонатно-кальциевого типа в верхней части дельты до хлорид-натриевого типа в ее морской части. Причем последний обладает наибольшим удельным весом в водотоках восточной части рассматриваемого района.

2. Воды дельты имеют слабощелочные свойства, которые при больших весенних расходах воды могут изменяться на слабокислотные. Для них характерен значительный дефицит кислорода в зимнюю межень, а в отдаленных случаях - и в летний период. Дельтовые воды обогащены органическими и биогенными веществами, но иногда в летнюю межень минеральный азот и фосфор могут служить лимитирующим фактором для развития гидробиологических процессов.

3. Наиболее неблагоприятный в гидрохимическом отношении состав вод (без учета их загрязненности специфическими веществами) наблюдается в нижнем течении протоки Кузнечихи и по левобережью Никольского рукава. Самый благополучный, с этой точки зрения, участок дельты - Корабельный рукав. В прибрежной зоне последнего дальнейшая интенсификация хозяйственной деятельности нецелесообразна.

4. Антропогенным влиянием в той или иной мере затронуты практически все показатели химического состава вод дельты Северной Двины. Следует отметить, что накопленная информация позволяет утверждать, что ярко выраженные негативные тенденции в многолетней изменчивости рассматриваемых ингредиентов отсутствуют. Таким образом, в ближайшем будущем санитарно-гигиеническое состояние дельты по исследуемым показателям, видимо, не ухудшится, если не увеличится объем сброса сточных вод в бассейне реки и в пределах самой дельты или если не будет значительного безвозвратного отъема вод Северной Двины.

5. На настоящем этапе исследований мониторинг гидрохимического режима рассматриваемого района в основном функционирует удовлетворительно. Во временном масштабе лучше освещены сезонные колебания гидрохимических показателей, а по отдельным ингредиентам (солевой состав, O_2 , $НПК_5$, pH) - и многолетние изменения. В дальнейшем больше внимания необходимо уделить приливному и ополотическому масштабу изменчивости природных процессов, охватывающих интервалы от нескольких часов до нескольких суток. В пространственном отношении лучше всего освещена юго-восточная часть дельты. Целесообразно увеличить объем исследований на других ее участках и, в частности, в замыкающих отворах основных рукавов.

5. ИССЛЕДОВАНИЕ САМООЧИЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ р. ВЬЧЕГДЫ (УСТЬЕВОГО УЧАСТКА) И р. СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ

Процессы превращения неконсервативных веществ, происходящие в реках, зависят от многих факторов, и разница в скорости их протекания на отдельных участках может быть значительной. Изменение концентрации неконсервативного вещества в речной воде может быть описано кинетическими уравнениями реакций нулевого, первого или второго порядков:

$$\text{нулевого порядка} \quad C_T = C_0 - k_1 \tau, \quad (5.1)$$

$$\text{первого порядка} \quad C_T = C_0 \exp(-k_1 \tau), \quad (5.2)$$

$$\text{второго порядка} \quad C_T = (C_0 D \tau / D_0) \exp[-k_1 \tau (D_0 - I_0)], \quad (5.3)$$

где C_T — содержание вещества в момент времени τ ; C_0 — начальное содержание загрязняющего вещества; D_0 и D_T — начальное содержание и содержание в момент времени τ второго реагирующего вещества соответственно; k_1 — коэффициент скорости самоочищения.

При решении вопросов о допустимых антропогенных нагрузках на участок водотока или водный объект в целом главной задачей является правильный прогноз степени его загрязненности для различной водности, температуры воды и т.д., который осуществим лишь при известных значениях коэффициента скорости самоочищения k_1 для каждой из неконсервативных примесей. Обычно о достаточной для практических целей точностью он рассчитывается по результатам полевых наблюдений [5,6], причем в каждом конкретном случае коэффициент учитывает условия, имевшие место в момент проведения съемки.

В период летней межени 1986 г. такая съемка была проведена на устьевом участке Вьчегды и основном русле Северной Двины для изучения процесса самоочищения речной воды от аммонийного азота и легко-окисляемой органики. Были выбраны девять створов, два из которых на устьевом участке Вьчегды, семь — на основном русле Северной Двины.

В каждом из створов пробы отбирались в пяти вертикалях на двух горизонтах (вертикали на расстоянии 0,1, 0,3, 0,5, 0,7 и 0,9 ширины реки; горизонты 0,3 м от поверхности и 0,5 м от дна). Такая подробная съемка позволяла не только достоверно рассчитать среднюю концентрацию вещества по сечению реки $C_{cp} = \sum_{i=1}^n C_n / 10$, но и составить представление о острейности потока и распределении вещества по ширине реки в каждом из горизонтов. На рис. 5.1 приведены примеры распределения вещества (иона аммония) в створе 4 км ниже выпуска сточных вод Котлаасского ЦЖ. Отчетливо прослеживается наиболее загрязненная струя, отжимаемая течением к левому берегу и составляющая около 1/3 сечения

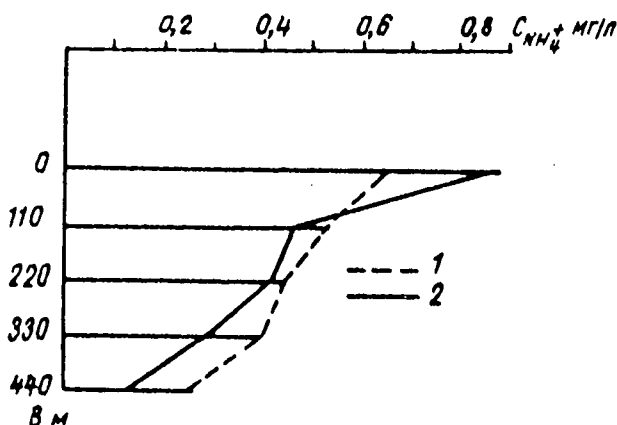


Рис. 5.1. Распределение аммонийного азота по сечению р. Вычегды в отворе 4 км ниже выпуска сточных вод на дне (1) и на поверхности (2).

водной массой. Величину τ в уравнениях (5.1)–(5.3) принимали как время добегаания водной массой от предыдущего отбора к последующему, исходя из средней скорости течения на данном участке реки и период проведения съемки.

Для устьевом участка Вычегды изменение концентрации аммонийного азота описывается уравнением реакции первого порядка с учетом небольшого разброса точек и характера уменьшения содержания этого соединения в воде вниз по течению.

На участке от первого до второго отбора коэффициент скорости самоочищения равен

$$k_{1-2} = (1/0.4) \ln(0.76/0.36) = 1.90 \text{ сут}^{-1};$$

от первого до третьего

$$k_{1-3} = (1/0.6) \ln(0.76/0.21) = 2.14 \text{ сут}^{-1}.$$

Таким образом, среднее значение k_{1-2} на устьевом участке Вычегды во время съемки было равно 2.02 сут^{-1} . Процесс самоочищения, таким образом, описывается уравнением

$$C_t = 0.76 \exp(-2.02\tau).$$

Кривая, построенная по этому уравнению, хорошо аппроксимирует результаты съемки (рис. 5.2).

Изменение концентрации растворенных органических веществ на этом же участке, судя по виду кинетической кривой, скорее, может быть описано уравнением второго порядка. В то же время содержание второго участвующего в реакции вещества – хлорода убывает очень незначительно – от 10,96 до 9,74 мг/л:

$$k_{1-III} = \frac{I}{0,4 (10,96 - 4,64)} \quad \text{т.е.} \quad \frac{4,64 \cdot 9,91}{3,38 \cdot 10,96} = 0,08 \text{ сут}^{-1};$$

$$k_{1-III} = \frac{I}{0,6 (10,96 - 2,83)} \quad \text{т.е.} \quad \frac{4,64 \cdot 9,74}{2,83 \cdot 10,96} = 0,08 \text{ сут}^{-1};$$

Однако кинетическая кривая, построенная по уравнению с применением расчетного коэффициента, плохо воспроизводит построенную по результатам измерений (рис. 5.3):

Если учесть, что изменение концентрации второго реагирующего вещества незначительно, а процесс реакции в период открытого русла

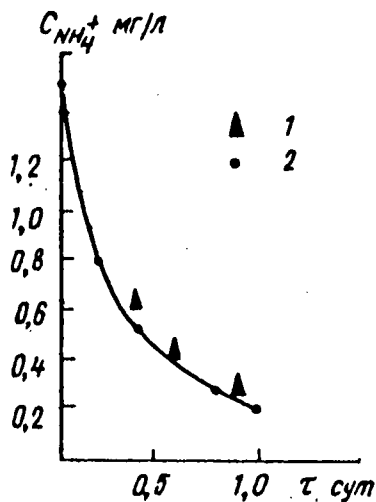


Рис. 5.2. Кривая самоочищения речной воды от аммонийного азота на устьевом участке р.Вычегды. 1, 2 – фактические и расчетные значения соответственно.

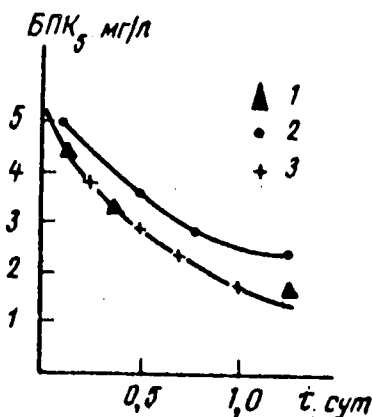


Рис. 5.3. Кривая самоочищения речной воды от органических загрязнений (по BPK_5) на устьевом участке р.Вычегды. 1 – фактические значения; 2, 3 – значения, рассчитанные по уравнениям 2-го и 1-го порядков соответственно.

протекает интенсивно, можно попытаться описать убыль BPK_5 уравнением реакции первого порядка. При этом получаем коэффициенты:

$$k_{1-I} = \frac{I}{0,4} \quad \text{т.е.} \quad \frac{4,64}{3,38} = 0,7 \text{ сут}^{-1};$$

$$k_{I-II} = \frac{1}{0,6} \ln \frac{4,64}{2,83} = 0,82 \text{ сут}^{-1}.$$

Коэффициент скорости изменения БПК₅ на данном участке равен 0,76. Построенная по уравнению $C_t = 4,64 \exp(-0,76t)$ расчетная кинетическая кривая практически без отклонений воспроизводит полученную при съёмке (см. рис. 5.3).

Коэффициенты скорости самоочищения для NH_4^+ и БПК₅, полученные при экспедиционном обследовании устьевого участка Вычегды, согласуются с литературными данными [6], однако полученный коэффициент в интервале температуры 10–15 °С несколько выше, чем по данным ВНИИРОДГЕО (1,8 сут⁻¹), а для БПК₅ – ниже (1,0 сут⁻¹).

В условиях основного русла Северной Двины кинетика снижения концентраций аммонийного азота и растворенных органических веществ существенно отличалась от кинетики снижения концентраций в условиях устьевого участка Вычегды (рис. 5.4). За исходную концентрацию принято ее среднее значение у д. Федотовской. Рассчитывая коэффициент скорости самоочищения для иона аммония по уравнению реакции первого порядка, получаем:

$$k_{I-I} = \frac{1}{0,33} \ln \frac{0,22}{0,16} = 0,97 \text{ сут}^{-1};$$

$$k_{I-II} = \frac{1}{1,18} \ln \frac{0,22}{0,12} = 0,51 \text{ сут}^{-1};$$

$$k_{I-IV} = \frac{1}{2,58} \ln \frac{0,22}{0,09} = 0,35 \text{ сут}^{-1};$$

$$k_{I-V} = \frac{1}{5,88} \ln \frac{0,22}{0,05} = 0,30 \text{ сут}^{-1}.$$

Среднее значение $k_I = 0,53 \text{ сут}^{-1}$.

Кинетическая кривая, построенная по уравнению $C_t = 0,22 \exp(-0,53t)$, удовлетворительно аппроксимирует результаты съёмки на участке д. Федотовская – г. Красноборск. Ниже по течению концентрация аммонийного азота изменяется незначительно. Очевидно, это связано с дополнительным поступлением с водой боковых притоков органических веществ, влияющих на кинетику аммонийного иона.

Содержание органических веществ (по БПК₅) для основного русла Северной Двины оставалось практически неизменным, поэтому расчеты по этому показателю не производились.

Таким образом, материалы натурных наблюдений в летний период 1986 г. свидетельствуют о том, что в условиях устьевого участка Вычегды процесс самоочищения воды от органических соединений по показателям БПК₅ и аммонийному азоту идет достаточно интенсивно. Полученные коэффициенты скорости самоочищения (2,02 и 0,76) сопоставимы с аналогичными коэффициентами, опубликованными в работе [6].

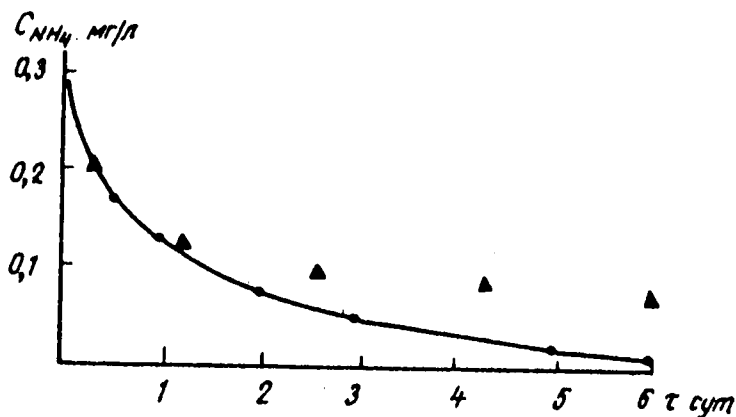


Рис. 5.4. Кривая самоочищения речной воды от аммонийного азота в основном русле Северной Двины.

Усл. обозн. см. на рис. 5.3.

В верхнем течении Северной Двины, по-видимому, за счет поступления с водами Малой Северной Двины и боковых притоков большого количества органических веществ много генезиса процесс самоочищения замедляется, что прослеживается в снижении коэффициентов скорости самоочищения. Далее вниз по течению самоочищение воды от органических веществ по показателям БПК₅ и аммонийному азоту практически не прослеживается. Фоновой концентрацией аммонийного азота для летней межени в основном русле Северной Двины по результатам съемки можно считать значения 0,05–0,08 мг/л, что согласуется со статистическими характеристиками этого показателя за 1976–1985 гг. Фоновым значением БПК₅ для периода летней межени на основном русле по результатам съемки можно считать 2,04 мг/л, что несколько ниже статистической характеристики, полученной за 1975–1986 гг. (2,36 мг/л).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненная работа наряду с выводами, сформулированными после анализа материалов наблюдений за химическим составом воды рек Сухоны, Вычегды и Северной Двины, позволила также выявить отдельные региональные особенности гидрохимического режима, присущие в целом наиболее крупным рекам бассейна. При этом вскрытые особенности обусловлены как влиянием естественных факторов, так и воздействием сточных вод, особенно в районах продолжительного поступления их большого количества. Следует отметить, что особенности, приведенные далее, удалось выявить лишь при наличии статистических характеристик. Так, полученные материалы свидетельствуют о наличии явного влияния антропогенного фактора на химический состав воды рек Сухоны, Вычегды и Северной Двины, что далеко не всегда удается обнаружить при сравнении материалов по конкретным календарным датам, периодам и сезонам.

Обнаружено различие в изменчивости биогенных компонентов в одни и те же сезоны на участках с естественным режимом и на участках с явным антропогенным воздействием. Режим биогенных компонентов на участках с естественными условиями формирования химического состава прямо связан с вегетационным периодом. На участках с антропогенным режимом зависимость режима биогенных компонентов от вегетационного периода обнаружить не удалось.

В течение всего года на участках, подверженных влиянию сточных вод, достаточно устойчиво прослеживается статистическая связь значений БПК₅ с расходами воды. Подобные связи количества растворенного в воде кислорода с расходами воды в реке получены также для ряда отворов Сухоны и устьевой области Северной Двины. В целом же исследование статистических связей между показателями химического состава и расходами воды в реке в различные сезоны года указывает на весьма существенные различия в их тесноте. Поэтому вопрос глубокого исследования статистических зависимостей между элементами химического состава воды и параметрами гидрологических условий, а также факторами антропогенного характера является достаточно перспективным, так как использование надежных статистических связей в практической деятельности позволит регулировать химический состав речных вод.

Приложения

СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ ПО СТАТИСТИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ГИДРОХИМИИ ОСНОВНЫХ ВОДОТОКОВ БАССЕЙНА СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ

В приложениях I–IV даны следующие статистические характеристики для гидрохимических параметров: среднеарифметическое значение, среднеквадратическое отклонение, медиана, межквартильный размах, экстремальные значения и длина ряда наблюдений.

Процедура их получения описана в разделе 2. Дополнительно в приложении IV приведен вспомогательный материал по отдельным гидрологическим характеристикам рассматриваемых водных объектов.

Для решения прикладных задач целесообразно использовать медиану и межквартильный размах. Первый параметр, характеризуя устойчивую оценку рассеивания данных, может выступать в роли нормы многолетней изменчивости исследуемого ингредиента, а второй – в роли характерного диапазона такой изменчивости. При малых отклонениях медианы и среднеарифметического значения допустимо использовать традиционные статистики, являющиеся оптимальными при наличии нормальности в распределении данных.

Следует отметить, что из-за несовпадения длин рядов наблюдений по отдельным главным компонентам в некоторых случаях характеристики минерализации не соответствуют статистическим характеристикам содержания основных ионов. Особенно это проявляется в дельте Северной Двины на участках контакта морских и речных вод. Однако ориентация на медиану в подобных ситуациях позволяет избежать погрешностей, вносимых несоответствием объемов наблюдений за различными ингредиентами.

Статистические характеристики минерализации водотоков
бассейна Северной Двины, мг/л

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда, л
								макси- мум	мини- мум	
Зимняя межень										
Сухона	I	0,3	0,3	310	43	311	323-275	385	252	10
	II	0,5	0,3	309	58	305	342-274	412	274	11
	III	0,5	0,3	360	82	331	416-276	435	276	7
Вычегда	I	0,5	0,3	263	10	263	267-261	282	250	9
	II	0,7	0,3	224	24	213	224-207	277	206	9
	III	0,5	0,3	284	76	292	318-274	374	140	7
	IV	0,5	0,3	311	33	325	332-290	350	262	7
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	343	62	331	406-288	478	267	8
	II	0,5	0,3	356	42	357	396-328	409	297	10
	III	0,5	0,3	396	62	408	449-325	461	311	9
	IV	0,3	0,3	392	55	406	419-336	487	303	10
дельта	I	0,3		394	51	409	422-362	461	299	11
			дно	388	51	394	424-341	454	297	10
			0,7	0,3	385	53	395	418-346	465	297
			дно	386	55	390	424-332	465	297	10
			II	0,5	0,3	397	36	403	417-386	439

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	H	Экстремум		Длина ряда n
								максимум	минимум	
	III	0,5	0,3	392	51	392	422-370	488	298	16
	IV	0,5	0,3	389	52	400	421-331	463	305	10
	V	0,5	0,3	398	73	399	430-342	554	299	11
			дно	402	65	414	432-362	538	297	11
	VI	0,3	0,3	514	384	386	448-365	1597	294	10
			дно	1162	2115	422	496-370	6393	324	8
		0,7	0,3	545	379	452	512-364	1597	319	10
			дно	1206	2102	431	660-374	6393	323	8
	VII	0,5	0,3	376	48	386	413-337	445	306	10
			дно	366	51	368	409-318	429	305	8
	VIII	0,3	0,3	709	794	410	690-359	3143	315	12
			дно	857	1272	431	563-359	4448	258	10
		0,7	0,3	684	783	410	568-353	2875	311	10
			дно	640	693	426	434-353	2504	258	10
Весеннее половодье										
Сухона	I	0,3	0,3	134	32	127	150-111	209	84	14
	II	0,5	0,3	87	43	90	100-70	142	53	17
	III	0,5	0,3	114	85	117	119-103	132	69	13
Вычегда	I	0,5	0,3	42	8	42	46-38	55	30	9
	II	0,7	0,3	47	18	40	58-35	79	31	8

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	б	\hat{C}	H	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
	III	0,5	0,3	62	2I	54	66-50	II0	46	8
	IУ	0,5	0,3	9I	39	8I	98-64	I44	57	4
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	78	6	67	86-6I	I35	57	8
	II	0,5	0,3	80	7	8I	83-79	94	66	IO
	III	0,5	0,3	70	6	7I	73-70	72	59	7
	IУ	0,3	0,3	80	8	82	84-77	94	64	IO
дельта	I	0,3	0,3	8I	II	82	87-72	IOI	65	IO
			дно	83	18	8I	90-78	III	50	7
		0,7	0,3	78	9	76	87-7I	90	66	IO
			дно	88	13	86	9I-76	III	75	6
	II	0,5	0,3	76	IO	76	82-72	98	59	12
	III	0,5	0,3	85	16	82	95-74	II6	6I	14
	IУ	0,5	0,3	77	12	75	82-70	99	56	IO
	У	0,5	0,3	83	14	84	93-73	IO7	6I	II
			дно	78	13	75	88-70	97	62	8
	УI	0,3	0,3	78	9	75	82-72	97	69	II
			дно	8I	7	8I	85-75	94	7I	8
		0,7	0,3	80	9	80	84-73	97	70	II
			дно	82	6	8I	84-76	97	75	7
	УII	0,5	0,3	79	6	75	85-74	89	7I	13

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	H	Экстремум		Длина ряда n
								максимум	минимум	
			дно	81	7	79	86-75	94	73	8
	УШ	0,3	0,3	78	12	76	79-72	101	64	9
			дно	85	14	84	97-74	100	72	4
		0,7	0,3	79	9	79	88-71	92	64	10
			дно	90	10	93	96-84	97	76	4
Летняя межень										
Сухона	I	0,3	0,3	187	37	178	211-154	256	149	12
	II	0,5	0,3	223	29	218	252-198	271	193	9
	III	0,5	0,3	245	30	255	270-211	279	186	11
Вычегда	I	0,5	0,3	190	38	173	224-160	239	137	7
	II	0,7	0,3	161	32	155	168-149	237	114	10
	III	0,5	0,3	203	40	189	243-174	261	159	9
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	194	15	243	249-208	265	163	8
	II	0,5	0,3	241	40	233	273-218	299	168	9
	III	0,5	0,3	222	63	210	271-165	309	164	7
	IV	0,3	0,3	220	52	200	249-193	332	158	10
дельта	I	0,3	0,3	241	77	224	328-175	344	146	12
			дно	230	75	199	288-176	363	143	11
		0,7	0,3	245	86	222	318-175	415	146	12
			дно	236	89	188	300-177	415	143	11

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	С	Б	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								максимум	минимум	
88	II	0,5	0,3	24I	77	230	328-176	346	152	10
	III	0,5	0,3	228	60	208	258-192	346	163	15
	IУ	0,5	0,3	233	66	220	300-176	330	161	10
	У	0,5	0,3	367	44I	243	295-190	1682	143	11
			дно	756	1614	192	265-184	5058	143	9
	УI	0,3	0,3	465	45I	190	583-183	1228	146	9
			дно	45I	689	188	231-180	2012	137	7
		0,7	0,3	440	392	189	583-186	1228	147	9
			дно	393	45I	188	330-179	1228	147	7
	УII	0,5	0,3	239	74	238	277-186	348	148	9
			дно	232	73	215	298-174	339	145	8
	УIII	0,3	0,3	363	296	230	352-178	1010	153	11
			дно	1214	2738	221	390-179	893	146	10
		0,7	0,3	432	480	222	356-176	1706	134	11
			дно	1219	2738	211	397-169	8930	156	10
	Ооень									
Сухона	I	0,3	0,3	207	12	209	219-198	222	188	4
	III	0,5	0,3	170	35	169	200-138	210	132	4
Вычегда	I	0,5	0,3	111	14	113	121-98	126	96	5
	II	0,7	0,3	111	29	121	124-116	129	53	6
	III	0,5	0,3	154	43	154	196-119	206	98	6

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	С	б	С	Н	Экстремум		Длина ряда л
								максимум	минимум	
Северная Двина:										
основное русло	П	0,5	0,3	166	29	178	187-136	194	126	6
	Ш	0,5	0,3	148	18	156	-	165	123	3
дельта	I	0,3	0,3	262	60	268	292-241	359	170	9
			дно	252	48	264	292-218	295	176	8
		0,7	0,3	261	58	262	298-241	350	170	9
			дно	254	50	260	298-218	302	176	8
	П	0,5	0,3	260	64	267	306-208	349	170	8
	Ш	0,5	0,3	196	49	194	239-161	286	117	14
	IV	0,5	0,3	250	57	243	292-223	347	168	9
	У	0,5	0,3	252	61	250	286-219	376	168	9
			дно	241	49	248	280-207	291	172	7
	VI	0,3	0,3	337	172	273	390-238	703	201	8
			дно	332	226	246	298-223	837	198	7
		0,7	0,3	350	153	282	454-228	646	224	8
			дно	398	246	269	508-242	795	221	7
	VII	0,5	0,3	264	60	262	290-229	370	175	8
			дно	252	38	262	274-230	298	200	7
	VIII	0,3	0,3	257	98	256	270-192	471	153	8
			дно	241	49	255	268-224	292	154	7
		0,7	0,3	244	97	242	264-166	456	153	8
			дно	229	50	235	260-197	292	161	7

Статистические характеристики содержания гидрокарбонатных ионов
в водотоках бассейна Северной Двины, мг/л

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
Зимняя межень										
Сухона	I	0,3	0,3	164	26	161	178-144	219	129	10
	II	0,5	0,3	188	37	182	201-173	255	119	11
	III	0,5	0,3	220	58	179	235-165	279	127	8
Вычегда	I	0,5	0,3	140	12	139	147-134	159	127	9
	II	0,7	0,3	126	8	125	131-120	144	117	9
	III	0,5	0,3	133	42	133	139-122	160	119	7
	IV	0,5	0,3	159	18	159	171-146	183	134	6
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	213	28	216	228-187	262	173	10
	II	0,5	0,3	183	17	183	200-174	205	156	10
	III	0,5	0,3	179	24	178	188-160	214	149	9
	IV	0,3	0,3	179	22	182	190-158	222	142	10
дельта	I	0,3	0,3	178	22	177	193-167	209	140	11
			дно	178	24	180	195-160	209	140	10
		0,7	0,3	179	22	182	192-164	209	140	11
			дно	179	22	181	195-159	209	140	10
	II	0,5	0,3	187	15	190	196-182	202	155	8
	III	0,5	0,3	181	18	183	190-173	208	143	16

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	\bar{C}	Б	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда n
								максимум	минимум	
16	IУ	0,5	0,3	180	22	185	193-160	211	143	10
	У	0,5	0,3	177	26	184	195-159	211	131	11
			дно	186	32	182	192-172	270	143	11
	УI	0,3	0,3	176	20	181	186-161	212	140	11
			дно	181	28	182	190-167	246	139	10
		0,7	0,3	182	30	181	194-162	246	140	11
			дно	174	19	184	190-166	192	142	11
	УII	0,5	0,3	175	20	182	190-159	207	142	12
			дно	170	20	174	187-153	192	143	8
	УIII	0,3	0,3	171	30	176	191-152	234	105	16
			дно	166	32	178	188-153	199	100	13
		0,7	0,3	169	30	181	191-148	206	105	15
			дно	161	34	172	186-136	202	100	12
Весеннее половодье										
Сухона	I	0,3	0,3	79	17	76	90-29	113	52	16
	II	0,5	0,3	61	41	55	66-37	192	16	21
	III	0,5	0,3	91	48	76	112-58	199	42	15
Вычегда	I	0,5	0,3	19	5	19	23-15	27	13	9
	II	0,7	0,3	21	10	16	25-14	43	14	8
	III	0,5	0,3	28	12	27	28-20	54	18	7
	IУ	0,5	0,3	47	23	44	67-26	75	24	5

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	Б	С	Н	Экстремум		Длина ряда n	
								максы- мум	мини- мум		
Северная Двина:											
основное русло	I	0,5	0,3	52	7	48	56-37	II7	32	I6	
	II	0,5	0,3	42	5	45	47-40	52	37	IO	
	III	0,5	0,3	35	6	35	38-33	43	24	7	
дельта	IУ	0,3	0,3	37	4	37	38-34	44	3I	IO	
	I	0,3	0,3	36	6	35	4I-34	44	25	II	
				дно	35	9	38	40-36	4I	I6	7
			0,7	0,3	35	6	35	38-32	44	27	II
				дно	37	5	37	40-36	43	27	7
		II	0,5	0,3	35	6	34	36-32	48	26	I2
	III	0,5	0,3	40	8	40	44-33	58	29	I4	
	IУ	0,5	0,3	36	6	35	38-34	48	24	II	
	У	0,5	0,3	34	6	35	38-32	43	2I	I2	
				дно	35	7	36	4I-29	45	25	8
		УI	0,3	0,3	34	5	34	37-32	46	26	I2
			дно	36	6	37	4I-3I	44	27	8	
		0,7	0,3	35	5	34	37-33	44	27	II	
			дно	38	5	38	4I-34	44	3I	7	
	УII	0,5	0,3	35	4	35	39-33	4I	29	I3	
			дно	36	4	36	39-32	4I	30	8	
	УIII	0,3	0,3	35	6	36	40-30	44	26	I2	

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	С	Б	С	Н	Экстремум		Длина ряда л
								максимум	минимум	
			дно	40	6	4I	46-35	46	34	4
		0,7	0,3	34	5	32	37-30	43	26	12
			дно	39	7	39	44-33	46	31	4
Летняя межень										
Сухона	I	0,3	0,3	97	12	94	106-89	118	77	12
	II	0,5	0,3	133	31	134	143-122	193	85	11
	III	0,5	0,3	137	21	138	157-111	163	107	7
Вычегда	I	0,5	0,3	93	22	96	101-75	128	54	8
	II	0,7	0,3	94	20	90	99-80	140	70	10
	III	0,5	0,3	101	16	104	114-89	111	75	8
	IV	0,5	0,3	87	31	96	102-91	110	44	4
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	139	15	138	143-127	165	117	10
	II	0,5	0,3	128	15	126	137-117	143	95	9
	III	0,5	0,3	113	28	116	128-84	156	83	7
	IV	0,3	0,3	105	25	94	124-92	150	79	10
дельта	I	0,3	0,3	108	32	106	142-88	150	48	12
			дно	108	29	106	136-87	149	67	10
		0,7	0,3	109	33	104	141-88	152	48	12
			дно	110	30	105	139-90	153	67	10

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	\bar{c}	б	\hat{c}	Н	Экстремум		Длина ряда n
								максимум	минимум	
	II	0,5	0,3	109	32	93	123-85	162	73	10
	III	0,5	0,3	109	25	100	124-94	151	73	15
	IV	0,5	0,3	112	27	106	137-88	148	82	10
	V	0,5	0,3	112	29	120	134-90	149	61	11
			дно	111	32	94	124-92	168	65	9
	VI	0,3	0,3	113	27	119	135-92	151	73	11
			дно	107	27	93	128-90	148	66	9
		0,7	0,3	113	27	119	134-90	151	72	11
			дно	108	27	92	128-91	148	72	9
	VII	0,5	0,3	115	28	116	138-94	154	76	11
			дно	107	28	106	126-85	153	72	8
	VIII	0,3	0,3	117	30	119	141-90	165	73	15
			дно	106	26	101	126-86	148	66	11
		0,7	0,3	115	30	119	140-90	165	63	15
			дно	105	25	98	122-85	147	76	11

Осень

Сухона	III	0,5	0,3	80	24	84	96-62	126	32	5
Вычегда	I	0,5	0,3	65	22	65	76-49	98	34	8
	III	0,5	0,3	71	20	73	87-60	93	44	6

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{c}	б	\hat{c}	H	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
основное русло	II	0,5	0,3	90	15	96	I02-7I	I04	7I	6
	III	0,5	0,3	85	34	65	94-59	I30	57	5
дельта	I	0,3	0,3	III	3I	II5	I30-87	I57	52	10
			дно	II4	2I	II8	I32-I0I	I36	79	8
		0,7	0,3	II5	33	I24	I37-87	I60	52	10
			дно	II7	23	I24	I34-I02	I40	79	8
	II	0,5	0,3	I22	26	I28	I36-I04	I56	79	8
	III	0,5	0,3	93	26	9I	II4-77	I37	46	14
	IУ	0,5	0,3	II8	23	I20	I34-I06	I57	78	10
	У	0,5	0,3	II2	30	II4	I3I-9I	I65	67	10
			дно	II2	23	I22	I28-97	I36	76	7
	VI	0,3	0,3	II8	22	II9	I34-I07	I56	80	9
			дно	II5	20	I20	I3I-I02	I36	79	8
		0,7	0,3	II7	22	I20	I28-I07	I52	80	9
			дно	II4	18	I2I	I26-I02	I36	80	8
	УII	0,5	0,3	II9	23	I20	I35-I04	I56	76	10
			дно	II4	24	I25	I32-I02	I37	70	7
	УIII	0,3	0,3	II3	26	I09	I3I-I05	I54	62	9
			дно	I06	25	I07	I2I-96	I37	64	7
		0,7	0,3	I08	30	I04	I3I-I0I	I5I	64	9
			дно	99	28	98	II6-82	I37	65	7

Статистические характеристики содержания сульфатных ионов
в водотоках бассейна Северной Двины, мг/л

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	с	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								макси- мум	мини- мум	
Зимняя межень										
Сухона	I	0,3	0,3	64	14	58	65-56	92	50	10
	II	0,5	0,3	40	9	39	47-33	54	28	11
	III	0,5	0,3	73	38	70	84-53	151	22	8
Вычегда	I	0,5	0,3	54	7	55	59-54	63	37	9
	II	0,7	0,3	30	10	27	27-26	51	22	9
	III	0,5	0,3	81	34	78	82-64	152	46	7
	IV	0,5	0,3	65	10	66	74-56	77	54	8
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	37	10	28	53-24	77	8	9
	II	0,5	0,3	67	13	65	73-58	96	47	10
	III	0,5	0,3	94	19	102	108-81	119	67	9
	IV	0,3	0,3	92	16	100	102-74	112	69	10
дельта	I	0,3	0,3	95	15	101	104-85	112	67	11
			дно	92	15	96	105-79	110	66	10
		0,7	0,3	91	18	101	104-74	114	67	11
			дно	90	17	94	104-73	110	66	10
	II	0,5	0,3	97	10	100	104-80	108	78	8

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда n		
								макс- мум	мини- мум			
	III	0,5	0,3	95	19	96	103-82	142	64	16		
	IV	0,5	0,3	94	16	98	106-75	113	71	10		
	У	0,5	0,3	91	18	100	102-74	115	65	11		
	VI	0,3	дно	95	16	98	108-82	113	67	11		
				97	37	98	108-77	184	43	10		
			дно	136	131	93	115-74	458	68	8		
		0,7		100	39	102	111-73	184	43	10		
			дно	141	130	104	124-76	458	66	8		
			УП	0,5	0,3	83	20	79	99-73	106	34	13
		0,3	дно	85	13	86	98-74	100	68	8		
			УШ	0,3	0,3	120	81	94	127-74	367	41	15
			дно	106	38	104	117-76	199	69	11		
		0,7		119	66	97	123-79	302	66	13		
			дно	125	95	100	124-75	387	67	10		
Весеннее половодье												
Сухона	I	0,3	0,3	18	8	16	21-12	38	8	15		
	II	0,5	0,3	13	4	22	16-9	21	3	20		
	III	0,5	0,3	20	14	17	27-9	58	4	15		
Вычегда	I	0,5	0,3	8	4	8	10-7	13	3	9		
	II	0,7	0,3	10	5	12	12-7	18	1	8		
	III	0,5	0,3	18	6	18	21-12	30	12	8		
	IV	0,5	0,3	18	8	21	21-12	31	7	7		

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	б	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда n		
								макси- мум	мини- мум			
Северная Двина:												
основное русло	I	0,5	0,3	8	2	8	10-5	13	3	9		
	II	0,5	0,3	12	3	11	14-10	19	9	10		
	III	0,5	0,3	15	3	16	17-14	17	8	7		
дельта	IV	0,3	0,3	19	3	20	21-18	23	13	10		
	I	0,3	0,3	18	5	18	22-16	28	9	12		
			дно	19	7	18	20-16	35	13	7		
			0,7	0,3	17	5	18	20-16	24	5	12	
			дно	20	7	18	20-16	35	12	7		
			II	0,5	0,3	18	3	17	21-16	24	15	12
			III	0,5	0,3	20	4	20	23-16	25	12	14
	IV	0,5	0,3	19	4	17	22-16	26	15	11		
	V	0,5	0,3	25	9	24	29-18	41	15	12		
			дно	19	3	18	21-16	24	15	8		
	VI	0,3	0,3	19	4	18	22-17	28	13	12		
			дно	20	3	19	20-18	26	16	8		
			0,7	0,3	20	4	20	24-17	28	13	11	
			дно	20	2	19	21-18	23	18	7		
			VII	0,5	0,3	19	3	20	21-18	23	11	14
			дно	21	3	20	23-18	26	18	8		

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	С	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
	УШ	0,3	0,3	2I	5	22	24-16	29	15	12
			дно	18	3	18	2I-16	22	16	4
		0,7	0,3	19	5	18	24-15	29	12	14
			дно	20	3	20	22-17	23	16	4
Летняя межень										
80 Сухона	I	0,3	0,3	40	18	37	46-26	80	2I	12
	II	0,5	0,3	28	10	29	30-15	44	II	II
	III	0,5	0,3	43	15	39	57-36	62	18	12
Вычегда	I	0,5	0,3	35	15	34	40-22	67	2I	8
	II	0,7	0,3	20	7	22	24-18	29	5	10
	III	0,5	0,3	47	16	43	62-4I	68	19	8
	IV	0,5	0,3	5I	10	5I	59-44	64	36	6
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	24	3	23	38-16	39	15	8
	II	0,5	0,3	4I	8	39	49-35	52	28	9
	III	0,5	0,3	59	30	56	70-44	92	33	7
	IV	0,3	0,3	53	2I	45	67-42	97	30	10
дельта	I	0,3	0,3	59	22	56	79-39	97	3I	12
			дно	54	25	46	70-35	108	3I	11
		0,7	0,3	6I	30	56	72-40	14I	30	12

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	\bar{C}	\bar{C}	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда л
								максимум	минимум	
ООГ			дно	48	18	40	65-32	79	30	10
	II	0,5	0,3	53	17	49	68-39	77	32	10
	III	0,5	0,3	51	14	47	60-42	77	32	15
	IV	0,5	0,3	52	17	46	67-40	80	32	10
	V	0,5	0,3	73	60	55	60-42	245	36	11
			дно	114	213	44	66-38	686	30	9
	VI	0,3	0,3	81	65	54	112-39	220	31	10
			дно	72	76	42	63-40	257	29	8
		0,7	0,3	79	61	54	112-36	220	31	10
			дно	70	51	52	81-38	187	31	8
	VII	0,5	0,3	115	28	116	138-94	154	76	11
			дно	107	28	106	126-85	153	72	8
	VIII	0,3	0,3	90	69	73	102-38	296	32	15
			дно	70	50	48	85-34	183	32	10
		0,7	0,3	95	77	73	143-41	290	25	15
			дно	71	56	46	78-36	206	32	10
Осень										
Вычегда	I	0,3	0,3	34	10	38	39-35	57	14	8
	II	0,5	0,3	30	15	27	40-20	43	17	5
	I	0,5	0,3	22	7	21	27-19	34	10	8
	II	0,7	0,3	14	4	16	17-10	18	10	9
	III	0,5	0,3	37	14	35	44-25	60	23	6

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	С	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда л
								макси- мум	мини- мум	
Северная Двина:										
основное русло	II	0,5	0,3	29	7	29	34-25	40	19	6
	III	0,5	0,3	40	14	44	48-25	59	24	5
дельта	I	0,3		60	19	65	73-4I	94	35	10
			дно	60	13	64	66-53	78	39	8
		0,7	0,3	60	19	64	72-4I	88	35	10
			дно	6I	15	64	72-48	78	39	8
	II	0,5	0,3	60	18	60	73-43	88	38	8
	III	0,5	0,3	46	10	46	53-38	65	3I	14
	IУ	0,5	0,3	59	15	55	73-5I	83	38	10
	У	0,5	0,3	57	17	53	65-44	94	38	10
			дно	58	13	60	68-48	75	40	7
	UI	0,3	0,3	92	59	62	108-52	21I	48	9
			дно	120	155	58	96-52	499	45	8
		0,7	0,3	93	56	74	105-53	21I	48	9
			дно	130	153	67	130-5I	499	46	8
	UPI	0,5	0,3	57	18	56	63-45	92	26	10
			дно	59	11	61	64-52	75	45	7
	UIII	0,3	0,3	63	37	53	60-43	155	33	9
			дно	52	14	51	58-44	75	33	7
		0,7	0,3	59	37	48	58-42	15I	28	9
			дно	49	15	48	54-42	75	26	7

Статистические характеристики содержания хлоридов в водотоках
бассейна Северной Двины, мг/л

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	с̄	σ	с̂	Н	Экстремум		Длина ряда n		
								макси- мум	мини- мум			
Зимняя межень												
Сухона	I	0,3	0,3	8	3	7	II-5	13	3	10		
	II	0,5	0,3	7	3	6	9-5	14	4	II		
	III	0,5	0,3	9	3	7	13-6	16	5	7		
Вычегда	I	0,5	0,3	4	I	4	5-4	6	4	9		
	II	0,7	0,3	8	2	7	9-7	10	4	9		
	III	0,5	0,3	7	I	8	8-6	8	6	8		
	IV	0,5	0,3	14	I	13	14-13	15	13	7		
Северная Двина:												
основное русло	I	0,5	0,3	10	3	10	12-7	17	6	10		
	II	0,5	0,3	14	4	15	18-II	18	9	10		
	III	0,5	0,3	16	5	16	18-13	19	12	9		
	IV	0,3	0,3	23	21	16	24-14	74	12	10		
дельта	I	0,3		17	3	17	19-15	22	13	II		
			дно	17	3	16	18-16	21	12	II		
			0,7	15	3	15	16-13	20	12	II		
			дно	16	4	15	17-13	26	13	II		
			II	0,5	0,3	14	2	14	16-13	16	11	8

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	H	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								макси- мум	мини- мум	
103	Ш	0,5	0,3	21	27	14	17-12	120	7	16
	IУ	0,5	0,3	14	2	14	15-12	18	11	10
	У	0,5	0,3	24	31	15	18-12	118	11	11
			дно	25	31	14	18-14	116	10	11
	УI	0,3	0,3	28	17	24	34-15	67	11	10
			дно	76	116	21	94-14	336	13	8
		0,7	0,3	38	24	30	50-22	88	14	10
			дно	103	130	26	196-16	336	11	8
	УII	0,5	0,3	15	4	15	18-13	23	10	11
			дно	15	5	15	16-12	26	10	8
	УIII	0,3	0,3	163	396	32	68-26	1411	14	12
			дно	292	717	35	153-25	2321	15	10
		0,7	0,3	155	372	34	66-25	1327	12	12
			дно	234	533	36	153-24	1736	15	10
Весеннее половодье										
Сухова	I	0,3	0,3	5	3	4	6-2	12	1	16
	II	0,5	0,3	4	4	2	4-1	15	0	21
	III	0,5	0,3	3	4	1	4-1	15	0	15
Вычегда	I	0,5	0,3	2	1	2	3-2	4	2	9
	II	0,7	0,3	3	1	3	4-2	5	2	8
	III	0,5	0,3	3	1	3	3-2	6	2	8
	IУ	0,5	0,3	4	2	4	4-3	6	3	7

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	б	С	H	Экстремум		Длина ряда л	
								максим- мум	миним- мум		
Северная Двина:											
основное русло	I	0,5	0,3	I	I	I	2-I	3	I	I6	
	II	0,5	0,3	3	I	2	3-2	4	2	IO	
дельта	III	0,5	0,3	2	I	2	2-2	4	2	7	
	IV	0,3	0,3	3	I	3	4-2	6	2	IO	
	I	0,3	0,3	4	I	3	4-3	6	2	II	
				дно	5	3	5	6-4	IO	2	7
		0,7	0,3	3	I	3	4-2	6	2	II	
			дно	5	3	3	6-2	IO	2	7	
	II	0,5	0,3	3	I	2	4-2	6	2	I2	
	III	0,5	0,3	2	I	2	3-2	3	I	I4	
	IV	0,5	0,3	3	I	2	3-2	5	2	II	
	V	0,5	0,3	3	2	2	2-2	8	I	I2	
				дно	3	I	2	3-2	5	2	8
		UI	0,3	0,3	8	18	3	4-2	65	2	I2
			дно	6	8	3	4-3	26	2	8	
		0,7	0,3	3	I	3	4-2	5	2	I2	
			дно	3	I	3	4-2	5	2	7	
	UП	0,5	0,3	3	I	3	3-2	4	2	I3	
			дно	3	I	3	4-2	4	2	8	
	УШ	0,3	0,3	10	20	4	6-3	72	2	II	
				дно	3	I	4	4-2	4	2	4

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	б	с	Н	Экстремум		Длина ряда л
								максим- мум	миним- мум	
		0,7	0,3	12	20	5	8-3	72	2	II
			дно	8	7	5	12-2	18	2	4
Летняя межень										
Сухона	I	0,3	0,3	4	2	4	6-3	7	I	12
	II	0,5	0,3	5	2	5	7-4	9	0	II
	III	0,5	0,3	5	2	4	7-4	8	I	12
Вычегда	I	0,5	0,3	4	I	4	5-3	6	2	8
	II	0,7	0,3	6	2	6	7-4	II	3	10
	III	0,5	0,3	7	4	6	7-5	17	4	8
	IV	0,5	0,3	II	4	12	14-10	15	4	6
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	7	2	7	9-6	II	4	10
	II	0,5	0,3	10	3	10	12-8	14	5	9
	III	0,5	0,3	7	2	6	8-4	10	4	7
	IV	0,3	0,3	10	4	9	13-7	18	7	10
дельта	I	0,3	0,3	10	5	9	14-6	19	4	13
			дно	9	5	7	12-6	18	4	II
		0,7	0,3	10	6	8	14-6	20	4	12
			дно	9	5	8	12-6	18	4	II
	II	0,5	0,3	II	8	8	19-4	23	3	10

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	Б	С	Н	Экстремум		Длина ряда " "
								макси- мум	мини- мум	
901	III	0,5	0,3	8	4	7	10-6	16	3	15
	IУ	0,5	0,3	9	6	8	17-5	18	3	10
	У	0,5	0,3	79	228	9	15-6	767	4	II
			дно	92	251	9	11-6	762	4	9
	UI	0,3	0,3	333	718	18	320-6	2420	4	II
			дно	461	1040	7	18-5	3090	4	9
		0,7	0,3	312	689	29	266-6	2340	4	II
			дно	370	840	12	99-6	2540	4	9
	УП	0,5	0,3	22	36	10	16-8	129	5	II
			дно	24	45	8	10-7	143	4	9
	УШ	0,3	0,3	193	437	24	179-10	1652	4	14
			дно	501	1406	18	34-10	4700	8	II
		0,7	0,3	212	450	30	179-10	1652	8	14
			дно	514	1407	18	46-8	4700	4	II
Осень										
Сухона	I	0,3	0,3	5	3	5	6-4	10	0	8
	III	0,5	0,3	3	2	3	4-1	10	1	5
Вычегда	I	0,5	0,3	3	0	3	4-3	4	2	8
	II	0,7	0,3	5	2	5	6-4	8	3	7
	III	0,5	0,3	5	2	5	6-3	8	3	6

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт	С	б	С	H	Экстремум		Длина ряда n
								максимум	минимум	
Северная Двина:										
основное русло	II	0,5	0,3	6	I	6	6-4	7	4	6
	III	0,5	0,3	7	4	6	9-4	12	0	6
дельта	I	0,3	дно	II	3	12	13-8	15	7	10
			дно	10	2	10	11-8	13	7	8
		0,7	дно	10	2	10	12-8	12	7	10
			дно	10	2	10	12-8	12	7	8
	II	0,5	0,3	II	5	10	12-8	21	5	8
	III	0,5	0,3	6	3	6	8-4	10	2	14
	IV	0,5	0,3	13	10	8	14-7	40	7	10
	V	0,5	0,3	9	4	8	10-7	18	6	10
			дно	9	2	9	10-8	11	7	7
			дно	281	708	18	50-8	2160	6	9
VI		0,3	дно	370	891	16	174-8	2560	6	8
			дно	284	706	37	49-14	2160	7	9
		0,7	дно	383	885	40	197-12	2560	8	8
			дно	II	5	10	11-8	23	6	10
VII		0,5	дно	12	7	11	12-10	27	6	7
			дно	31	29	18	32-14	102	11	9
		0,3	дно	18	7	14	22-14	29	12	7
			дно	31	28	22	29-15	101	11	9
		0,7	дно	20	7	18	25-14	30	12	7

Статистические характеристики содержания ионов кальция
в водотоках бассейна Северной Двины, мг/л

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	б	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								максим- мум	миним- мум	
Зимняя межень										
Сухона	I	0,3	0,3	52	9	50	56-46	71	40	10
	II	0,5	0,3	47	9	45	49-42	68	34	11
	III	0,5	0,3	61	20	59	69-50	98	31	8
Вычегда	I	0,5	0,3	51	4	50	50-49	60	46	9
	II	0,7	0,3	35	6	35	39-33	44	24	9
	III	0,5	0,3	54	9	55	56-49	64	46	6
	IV	0,5	0,3	53	5	54	55-46	58	46	7
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	54	9	50	57-48	70	46	10
	II	0,5	0,3	56	7	56	62-51	67	46	10
	III	0,5	0,3	64	3	67	72-56	77	52	10
	IV	0,3	0,3	66	9	68	69-59	77	49	10
дельта	I	0,3		66	9	67	72-62	78	48	11
			дно	66	10	68	73-58	78	48	10
			0,7	66	9	68	70-62	78	48	11
			дно	66	10	68	72-57	78	48	10
	II	0,5	0,3	68	8	67	74-64	78	54	8
	III	0,5	0,3	66	8	66	72-62	82	51	16

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Горизонт, м	\bar{C}	Б	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда л
								макси- мум	мини- мум	
601	IУ	3,5	0,3	65	II	68	72-56	79	44	I2
	У	0,5	0,3	66	8	67	70-62	79	51	I2
			дно	65	8	68	70-62	76	51	II
	УI	0,3	0,3	67	IO	68	76-6I	82	50	II
			дно	80	36	68	77-58	164	53	IO
		0,7	0,3	70	I2	70	78-62	88	50	II
			дно	80	36	68	80-58	164	51	IO
	УII	0,5	0,3	62	9	62	68-55	75	50	IO
			дно	6I	9	62	68-54	72	50	8
	УIII	0,3	0,3	64	I2	64	68-55	98	49	I4
			дно	68	I6	65	72-60	107	49	II
		0,7	0,3	64	I4	64	68-52	96	47	I3
Весеннее половодье										
Сухона	I	0,3	0,3	23	7	20	26-I8	42	I5	I6
	II	0,5	0,3	I7	IO	15	I7-I3	54	9	2I
	III	0,5	0,3	25	I4	2I	32-I6	62	I3	I5
Вычегда	I	0,5	3,3	7	2	7	8-6	IO	3	9
	II	0,7	0,3	7	4	6	8-5	I5	2	8
	III	0,5	0,3	II	4	II	I2-8	I9	4	8
	IУ	0,5	0,3	I2	6	IO	I3-I0	25	5	6

Водоток	№ отвора	Вертикаль	Горизонт, м	С	σ	С	H	Экстремум		Длина ряда n
								максимум	минимум	
			дно	15	2	16	17-14	17	13	4
		0,7	0,3	13	2	14	14-12	17	9	13
			дно	14	4	14	17-12	18	10	4
Летняя межень										
Сухона	I	0,3	0,3	30	6	30	31-26	43	24	12
	II	0,5	0,3	34	4	35	37-31	39	26	11
	III	0,5	0,3	40	3	38	42-38	47	38	7
Вычегда	I	0,5	0,3	31	8	32	37-24	42	20	8
	II	0,7	0,3	26	4	26	29-22	31	17	10
	III	0,5	0,3	38	9	35	45-32	54	29	8
	IV	0,5	0,3	39	9	42	44-38	48	20	7
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	34	6	35	38-30	42	25	10
	II	0,5	0,3	37	4	37	40-35	43	29	9
	III	0,5	0,3	40	10	40	44-30	52	26	7
	IV	0,3	0,3	39	11	34	48-32	58	28	10
дельта	I	0,3	0,3	40	11	39	50-32	56	24	15
			дно	39	11	33	48-30	57	24	11
		0,7	0,3	41	12	40	51-31	60	24	14
			дно	39	12	34	48-30	60	24	11

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	Б	С	Н	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								макси- мум	мини- мум	
II2	II	0,5	0,3	39	I2	36	50-29	58	25	I3
	III	0,5	0,3	40	9	36	52-29	69	25	I3
	IV	0,5	0,3	41	I3	36	52-29	69	25	I3
	У	0,5	0,3	42	I4	42	55-81	71	21	I4
	UI	0,3	дно	37	IO	33	44-32	55	24	8
			0,3	41	I2	40	46-33	64	26	IO
		0,7	дно	39	I5	34	45-30	72	25	8
			0,3	41	I2	40	47-31	60	25	IO
	UPI	0,5	дно	39	I3	33	46-30	66	25	8
			0,3	40	IO	40	46-35	56	25	IO
	UPII	0,3	дно	39	IO	38	46-32	55	25	8
			0,3	42	II	43	52-31	60	27	I5
		0,7	дно	46	29	36	50-30	125	23	II
			0,3	42	I3	43	52-31	62	21	I5
			дно	46	29	36	47-28	125	26	II
Осень										
Сухона	I	0,3	0,3	30	7	31	32-30	33	I4	8
	III	0,5	0,3	24	7	24	31-18	39	I9	5
Вычегда	I	0,5	0,3	22	7	21	24-18	35	II	8
	II	0,7	0,3	17	5	18	22-10	22	9	6
	III	0,5	0,3	28	7	27	36-21	36	19	6

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								максим- мум	мини- мум	
Северная Двина:										
основное русло	II	0,5	0,3	27	5	28	29-22	33	22	6
	III	0,5	0,3	27	-	27	-	32	22	3
дельта	I	0,3	0,3	39	12	41	48-29	56	20	12
			дно	42	9	44	48-34	53	29	8
		0,7	0,3	39	11	41	50-29	56	21	12
			дно	42	8	43	48-34	51	29	8
	II	0,5	0,3	41	10	40	49-31	56	26	10
	III	0,5	0,3	34	8	33	41-29	50	18	14
	IV	0,5	0,3	41	10	42	49-35	56	24	12
	V	0,5	0,3	40	9	41	47-31	56	26	11
			дно	40	7	40	46-34	48	32	7
	VI	0,3	0,3	50	24	41	48-37	107	30	9
			дно	48	24	41	48-36	107	31	8
		0,7	0,3	50	23	43	49-37	107	30	9
			дно	50	24	41	52-36	107	30	8
	VII	0,5	0,3	42	7	41	46-39	56	30	10
			дно	41	7	42	46-37	48	29	7
	VIII	0,3	0,3	36	10	36	44-30	56	22	10
			дно	35	6	36	37-34	43	24	7
		0,7	0,3	34	11	34	38-24	56	22	10
			дно	32	7	35	41-25	41	22	7

Статистические характеристики содержания ионов магния
в водотоках бассейна Северной Двины, мг/л

Приложение 6

В водотоках бассейна Северной Двины, мт/х										
Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда n
								максим- мум	мини- мум	
Зимняя межень										
Сухона	I	0,3	0,3	I6	2	I6	I8-I5	20	I9	I0
	II	0,5	0,3	I6	5	I6	I9-I0	22	8	II
	III	0,5	0,3	I9	6	I7	24-I5	28	I2	8
Вычегда	I	0,5	0,3	I0	3	II	II-I0	I4	4	9
	II	0,7	0,3	8	3	7	I0-6	I2	4	9
	III	0,5	0,3	II	4	II	I2-I0	I5	3	7
	IV	0,5	0,3	I5	6	I5	I8-I0	22	7	8
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	I6	3	I7	I9-I3	20	I0	I0
	II	0,5	0,3	I5	2	I4	I6-I4	I7	I2	9
	III	0,5	0,3	I6	2	I6	I8-I3	I9	I2	9
	IV	0,3	0,3	I5	2	I5	I6-I3	20	I2	I0
дельта	I	0,3	дно	I5	2	I5	I6-I3	I8	I2	I0
			0,7	I5	3	I5	I7-I4	20	I2	II
			дно	I5	2	I5	I6-I3	I8	I2	I0
	II	0,5	0,3	I5	2	I4	I6-I4	I8	I2	8
	III	0,5	0,3	I5	2	I6	I6-I4	I7	I2	I6
	IV	0,5	0,3	I5	3	I5	I6-I3	22	I2	I2
	У	0,5	0,3	I6	3	I6	I7-I3	2I	I2	I2

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{c}	б	\hat{c}	H	Экстремум		Длина ряда n
								максим- мум	миним- мум	
основное русло	II	0,5	0,3	4	0,5	4	4-3	5	3	10
	III	0,5	0,3	3	0,3	3	3-3	3	2	7
дельта	IУ	0,3	0,3	3	I	3	3-3	4	2	10
	I	0,3	0,3	3	I,8	3	3-2	9	2	14
			дно	3	I,0	4	4-2	4	2	7
		0,7	0,3	3	I,3	3	4-2	7	2	14
			дно	3	I,0	4	4-2	4	2	7
	II	0,5	0,3	3	0,9	3	3-2	5	2	14
	III	0,5	0,3	3	0,8	3	4-3	4	2	14
	IУ	0,5	0,3	3	I, I	3	3-2	6	2	14
	У	0,5	0,3	3	I, I	3	3-2	6	2	14
			дно	3	0,8	3	4-2	4	2	8
	УI	0,3	0,3	3	0,8	3	4-2	4	2	12
			дно	3	0,9	2	4-2	4	2	8
		0,7	0,3	3	0,8	3	4-3	4	2	11
			дно	3	0,7	3	4-3	4	2	7
	УII	0,5	0,3	3	I,0	3	4-2	4	I	13
			дно	3	0,9	3	4-2	4	2	8
	УIII	0,3	0,3	3	0,8	3	3-2	4	2	12
			дно	4	0,6	4	4-3	4	3	4
		0,7	0,3	3	I,0	3	4-2	5	2	13
			дно	3	0,5	3	4-3	4	3	4

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	\bar{B}	\hat{C}	H	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								макси- мум	мини- мум	
Летняя межень										
Сухона	I	0,3	0,3	9	2	8	II-8	I3	5	I2
	II	0,5	0,3	I2	3	II	I3-I0	I8	6	II
	III	0,5	0,3	I2	4	I2	I3-9	20	9	7
Вычегда	I	0,5	0,3	8	3	8	I0-6	I4	4	8
	II	0,7	0,3	5	2	6	7-4	8	2	I0
	III	0,5	0,3	6	2	6	7-6	9	4	8
	IV	0,5	0,3	I7	5	I9	20-I5	2I	7	7
Северная Двина:										
основное русло										
	I	0,5	0,3	I0	3	I0	I0-8	I5	7	I0
	II	0,5	0,3	9	I	I0	I0-9	II	7	9
	III	0,5	0,3	9	2	8	I0-8	I4	7	7
	IV	0,3	0,3	8	2	8	I0-7	I2	5	I0
дельта	I	0,3	0,3	9	3	9	I2-8	I8	5	I5
			дно	9	2	9	I0-7	I2	5	II
		0,7	0,3	9	3	8	I0-7	I8	5	I4
			дно	8	2	8	I0-6	I2	5	II
	II	0,5	0,3	I0	3	I0	II-7	I7	6	I3
	III	0,5	0,3	9	2	9	I0-8	I2	5	I5
	IV	0,5	0,3	I0	4	I0	II-8	2I	6	I3

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда n
								максим- мум	миним- мум	
ВН	У	0,5	0,3	15	17	8	II-7	58	6	14
			дно	9	3	8	IO-8	14	5	8
	UI	0,3	0,3	16	14	10	24-7	42	5	10
			дно	22	23	8	II-7	75	6	8
		0,7	0,3	15	12	10	24-7	38	6	10
			дно	14	15	8	14-6	51	6	8
	UII	0,5	0,3	9	3	10	12-6	13	5	10
			дно	8	3	8	II-6	13	5	8
	UIII	0,3	0,3	21	20	12	28-8	84	6	15
			дно	41	94	9	II-8	321	6	11
		0,7	0,3	22	22	11	28-8	84	5	15
			дно	42	94	9	12-8	321	6	11
Осень										
Сухона	I	0,3	0,3	10	1	10	II-10	14	4	8
	III	0,5	0,3	8	4	7	10-5	12	10	5
Вычегда	I	0,5	0,3	5	1	4	6-4	7	4	8
	II	0,7	0,3	4	2	5	5-4	6	1	6
	III	0,5	0,3	6	2	5	7-4	9	3	6
Северная Двина:										
основное русло	II	0,5	0,3	8	1	7	9-6	10	6	6

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	б	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								максим- мум	миним- мум	
дельта	Ш	0,5	0,3	4	-	5	-	5	2	3
	I	0,3	0,3	10	3	II	II-7	15	5	12
			дно	10	2	10	II-8	12	7	8
		0,7	0,3	10	3	10	II-7	17	5	12
			дно	10	2	II	II-9	12	7	8
	II	0,5	0,3	10	2	10	12-8	15	7	10
	III	0,5	0,3	8	2	8	10-6	11	4	14
	IV	0,5	0,3	10	2	10	12-8	13	7	12
	У	0,5	0,3	II	3	10	13-8	16	6	11
			дно	9	2	10	II-8	12	6	7
	VI	0,3	0,3	19	15	12	26-10	51	8	9
			дно	43	85	II	22-8	252	8	8
		0,7	0,3	18	16	II	12-10	51	8	9
			дно	47	84	12	34-10	252	8	8
	VII	0,5	0,3	10	2	10	II-8	14	6	10
			дно	9	2	10	10-8	12	7	7
	VIII	0,3	0,3	13	10	10	12-8	42	6	10
			дно	9	2	9	II-8	12	6	7
		0,7	0,3	12	9	10	12-7	38	6	10
			дно	10	2	9	II-8	12	7	7

Статистические характеристики содержания ионов натрия
в водотоках бассейна Северной Двины, мг/л

Водоток	№ отвора	Вертикаль	Горизонт, м	С	б	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								максимум	минимум	
Зимняя межень										
Сухона ^I	I	0,3	0,3	6	7	4	7-2	24	0	10
	II	0,5	0,3	11	7	11	18-5	24	2	11
	III	0,5	0,3	10	5	9	13-8	17	1	6
Вычегда	I	0,5	0,3	3,6	0,7	3,7	4,2-3,6	4,3	2,4	5
	II	0,7	0,3	12	3	12	14-10	16	8	9
	III	0,5	0,3	9	3	9	13-11	14	5	5
	IV	0,5	0,3	13	5	14	19-9	20	6	11
Северная Двина:										
основное русло	II	0,5	0,3	17	6	16	19-12	28	7	6
	III	0,5	0,3	16	3	15	19-13	21	13	4
	IV	0,3	0,3	17	3	17	19-14	22	13	8
дельта	I	0,3		18	3	19	20-15	22	15	5
			дно	18	3	18	20-15	21	15	5
			0,7	17	3	16	19-15	20	13	5
			дно	16	3	15	18-15	20	13	5
				16	-	16	-	16	16	2
				15	3	14	17-13	20	13	5
	IV	0,5	0,3	17	4	15	20-14	23	14	5
	V	0,5	0,3	16	3	15	18-14	20	13	5
				дно	16	3	16	18-14	20	13

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	H	Экстремум		Длина ряда n	
								макси- мум	мини- мум		
	УІ	0,3	0,3	19	5	19	22-16	24	13	4	
			дно	36	37	19	56-16	92	14	4	
		0,7	0,3	22	7	20	26-18	31	15	4	
			дно	32	28	20	48-17	74	14	4	
	УІІ	0,5	0,3	16	3	15	19-14	19	14	5	
			дно	16	2	15	18-14	19	14	5	
	УІІІ	0,3	0,3	26	4	26	29-22	30	21	4	
			дно	27	3	28	29-25	30	23	4	
		0,7	0,3	26	4	26	30-23	30	22	4	
			дно	26	4	26	29-22	30	22	4	
	Весеннее половодье										
	Сухона ^{Іж}	І	0,3	0,3	4	4	2	4-2	15	1	14
ІІ		0,5	0,3	2	3	1	3-0	13	0	17	
ІІІ		0,5	0,3	4	5	2	5-1	18	0	13	
Вычегда	І	0,5	0,3	1,3	0,6	1,1	1,8-0,8	2,4	0,5	9	
	ІІ	0,7	0,3	3,3	2,3	2,3	5,1-1,6	8,4	1,0	14	
	ІІІ	0,5	0,3	2,9	1,9	2,1	4,5-1,5	6,3	1,3	11	
	ІУ	0,5	0,3	3,3	2,7	2,0	4,2-1,7	12	1	16	
Северная Двина:											
основное русло	ІІ	0,5	0,3	5	3	4	6-3	12	2	9	

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	Б	С	Н	Экстремум		Длина ряда л
								максим- мум	мини- мум	
дельта	Ш	0,5	0,3	5	4	3	II-3	II	2	6
	IУ	0,3	0,3	3	0,5	3	4-3	4	3	6
	I	0,3	0,3	3	0,9	3	3-3	5	2	6
			дно	4	2,1	4	6-4	7	2	4
		0,7	0,3	3	0,5	3	3-2	3	2	6
			дно	4	2,3	3	5-2	7	2	4
	II	0,5	0,3	2	0,7	2	3-2	4	2	6
	Ш	0,5	0,3	3	1,0	3	3-2	4	2	6
	IУ	0,5	0,3	2	0,5	2	3-2	4	2	6
	У	0,5	0,3	3	0,6	3	3-2	3	2	6
			дно	3	0,5	3	4-3	4	2	4
	УI	0,3	0,3	3	0,8	2	3-2	4	2	6
			дно	3	1,0	2	4-2	4	2	4
		0,7	0,3	3	1,0	2	4-2	4	2	6
			дно	2	1,0	2	3-2	4	2	4
	УII	0,5	0,3	2	0,5	2	3-2	3	2	6
			дно	2	0,6	2	3-2	3	2	4
	УIII	0,3	0,3	3	1,2	2	3-2	5	2	6
			дно	3	1,4	2	4-2	5	2	4
		0,7	0,3	4	3,4	3	5-2	II	2	6
			дно	6	3,9	4	8-3	II	2	4

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	С	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								максим- мум	миним- мум	
Летняя межень										
Сухона ^I	I	0,3	0,3	6	8	3	8-2	3I	0	I2
	II	0,5	0,3	5	3	5	7-4	II	2	IO
	III	0,5	0,3	6	4	5	II-2	I2	2	7
Вычегда	I	0,5	0,3	2,7	0,7	3,1	3,2-2,1	3,5	1,3	7
	II	0,7	0,3	7	0,9	7	8-5	IO	4	I2
	III	0,5	0,3	4	I	5	5-3	6	2	7
	IV	0,5	0,3	IO	6	8	9-6	23	4	I6
Северная Двина:										
основное русло	II	0,5	0,3	II	2	IO	II-8	I2	7	8
	III	0,5	0,3	8	2	7	9-7	II	6	8
	IV	0,3	0,3	IO	3	9	II-8	I3	6	8
дельта	I	0,3	0,3	IO	4	9	II-7	I7	7	6
			дно	IO	4	9	I2-7	I7	6	6
		0,7	0,3	IO	4	8	I2-7	I6	7	6
			дно	IO	4	8	I2-7	I6	6	6
	II	0,5	0,3	9	5	8	II-6	I8	6	6
	III	0,5	0,3	IO	4	9	II-6	I6	6	6
	IV	0,5	0,3	9	4	8	IO-7	I7	6	6
	У	0,5	0,3	IO	3	IO	II-9	I6	8	6
			дно	IO	3	9	IO-7	I6	7	6

Водоток	№ отвора	Вертикаль	Горизонт, м	\bar{c}	б	\hat{c}	н	Экстремум		Длина ряда n	
								максимум	минимум		
	УІ	0,3	0,3	5І	І03	8	І5-7	260	6	6	
			дно	75	І63	8	І2-7	408	6	6	
		0,7	0,3	43	75	9	29-8	І96	7	6	
			дно	60	І06	І0	52-7	272	7	6	
	УІІ	0,5	0,3	І0	6	8	І2-6	23	6	6	
			дно	І0	5	9	І2-6	І9	6	6	
	УІІІ	0,3	0,3	47	83	І5	І8-ІІ	2І5	6	6	
			дно	58	ІІІ	І4	І8-ІІ	284	9	6	
		0,7	0,3	І05	223	І4	25-І0	560	9	6	
			дно	43	72	І4	24-І0	І89	6	6	
	Осень										
	Вычегда	І	0,5	0,3	3,І	0,6	2,8	4,І-2,І	5,2	І,8	4
Северная Двина:											
основное русло	ІІІ	0,5	0,3	8	2	7	9-6	І0	6	6	
	ІУ	0,5	0,3	ІІ	4	І0	І4-8	І8	6	8	
дельта	І	0,3	0,3	І3	4	І4	І6-8	І6	8	6	
дно			І3	4	І4	І6-9	І6	8	6		
0,7		0,3	ІІ	3	ІІ	І4-8	І6	8	6		
		дно	ІІ	3	ІІ	І4-9	І5	8	6		
	ІІ	0,5	0,3	ІІ	4	9	І2-8	І7	7	5	

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	H	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
	III	0,5	0,3	9	2	10	10-8	12	6	6
	IУ	0,5	0,3	10	2	9	11-8	13	7	6
	У	0,5	0,3	11	4	9	12-8	19	7	6
			дно	10	3	9	12-8	14	7	5
	УI	0,3	0,3	39	60	14	28-10	160	8	6
			дно	43	74	14	20-10	193	8	6
		0,7	0,3	54	59	20	118-15	141	10	6
			дно	82	102	25	170-12	249	10	6
	УII	0,5	0,3	11	3	11	12-8	16	8	5
			дно	12	3	12	13-11	17	9	5
	УIII	0,3	0,3	18	5	18	21-14	25	11	6
			дно	18	5	18	24-14	25	11	6
		0,7	0,3	17	5	16	22-14	24	10	6
			дно	18	5	16	23-16	23	10	6

^IПо Сухоне даны характеристики для суммы ионов натрия и калия, полученной расчетным методом; по Северной Двине - для поста Котлао.

Статистические характеристики содержания ионов калия
в водотоках бассейна Северной Двины, мг/л

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда n
								максим- мум	миним- мум	
Зимняя межень										
Вычегда	I	0,5	0,3	0,5	0,2	0,4	0,6-0,4	0,8	0,2	5
	II	0,7	0,3	1,4	0,3	1,2	1,3-1,1	1,8	1,0	9
	III	0,5	0,3	0,9	0,3	0,9	1,0-0,7	1,4	0,6	5
	IV	0,5	0,3	1,0	0,3	0,9	1,1-0,7	2,3	0,6	11
Северная Двина:										
основное русло	II	0,5	0,3	1,7	0,4	1,6	1,9-1,4	2,5	1,2	6
	III	0,5	0,3	1,2	0,2	1,3	1,3-1,1	1,4	0,8	7
	IV	0,3	0,3	1,7	0,2	1,6	1,8-1,4	2,0	1,3	8
дельта	I	0,3	0,3	1,8	0,2	1,8	2,0-1,7	2,0	1,4	5
			дно	1,7	0,2	1,7	1,8-1,6	1,9	1,4	5
		0,7	0,3	1,6	0,3	1,5	1,8-1,4	2,0	1,4	5
		дно	1,6	0,2	1,5	1,7-1,4	1,8	1,4	5	
	II	0,5	0,3	2,0	-	1,7	2,2-1,6	2,8	1,6	3
	III	0,5	0,3	1,6	0,3	1,6	1,8-1,3	1,8	1,3	5
	IV	0,5	0,3	1,6	0,2	1,6	1,7-1,4	1,9	1,4	5
	У	0,5	0,3	1,7	0,3	1,6	1,8-1,5	2,1	1,3	5
			дно	1,6	0,2	1,6	1,8-1,5	1,9	1,3	5

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{c}	\bar{b}	\hat{c}	H	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								макси- мум	мини- мум	
	УІ	0,3	0,3	1,7	0,3	1,8	2,0-1,5	2,0	1,3	4
			дно	1,5	0,4	1,6	1,8-1,2	1,8	1,0	4
		0,7	0,3	2,0	0,8	1,7	2,4-1,6	3,1	1,4	4
			дно	1,5	0,5	1,6	1,8-1,2	2,0	0,9	4
	УІІ	0,5	0,3	1,5	0,2	1,5	1,5-1,4	1,8	1,3	5
			дно	2,1	1,1	1,5	1,9-1,5	4,1	1,4	5
	УІІІ	0,3	0,3	2,1	0,3	2,1	2,4-1,8	2,5	1,8	4
			дно	2,2	0,2	2,2	2,4-2,0	2,5	1,9	4
		0,7	0,3	2,1	0,3	2,0	2,3-1,9	2,5	1,9	4
			дно	2,1	0,3	2,0	2,4-1,8	2,5	1,8	4
	Весеннее половодье									
Вычегда	I	0,5	0,3	0,6	0,2	0,6	0,8-0,4	0,8	0,2	9
	II	0,7	0,3	1,0	0,2	1,0	1,2-0,8	1,3	0,6	12
	III	0,5	0,3	0,8	0,2	0,9	0,9-0,5	1,2	0,4	11
	IV	0,5	0,3	0,9	0,2	0,8	1,0-0,7	1,3	0,5	14
Северная Двина:	П основное русло	0,5	0,3	1,4	0,2	1,3	1,5-1,2	1,8	1,1	9
			0,3	1,2	0,2	1,3	1,3-1,1	1,4	0,8	7
	IV	0,3	0,3	1,0	0,3	0,9	1,3-0,8	1,4	0,7	6
	дельта	0,3	0,3	1,1	0,1	1,1	1,3-1,0	1,3	1,0	6
дно			1,2	0,4	1,1	1,5-0,9	1,8	0,8	4	

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	H	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								макси- мум	мини- мум	
		0,7	0,3	1,0	0,2	1,0	1,3-1,0	1,3	0,8	6
			дно	1,2	0,4	1,0	1,4-0,8	1,8	0,8	4
	II	0,5	0,3	0,9	0,3	1,0	1,1-1,0	1,2	0,3	6
	III	0,5	0,3	1,2	0,3	1,0	1,5-0,9	1,7	0,9	6
	IV	0,5	0,3	1,1	0,2	1,1	1,2-0,8	1,4	0,8	6
	V	0,5	0,3	1,1	0,2	1,1	1,2-1,0	1,5	0,9	6
			дно	2,0	0,2	1,1	3,2-0,9	5,1	0,9	4
	VI	0,3	0,3	1,0	0,3	1,0	1,3-0,8	1,5	0,8	6
			дно	1,0	0,3	0,9	1,2-0,8	1,4	0,7	4
		0,7	0,3	1,0	0,3	1,0	1,3-0,8	1,4	0,7	6
			дно	1,1	0,2	1,0	1,2-0,9	1,4	0,8	4
	VII	0,5	0,3	1,0	0,2	0,8	1,2-0,8	1,3	0,8	6
			дно	1,0	0,2	0,8	1,1-0,8	1,3	0,8	4
	VIII	0,3	0,3	1,0	0,2	1,0	1,0-0,8	1,2	0,8	6
			дно	1,0	0,2	1,0	1,2-0,8	1,3	0,7	4
		0,7	0,3	1,0	0,2	1,0	1,1-0,8	1,4	0,8	6
			дно	1,0	0,3	0,8	1,2-0,8	1,4	0,7	4
Летняя межень										
Вычегда	I	0,5	0,3	0,4	0,1	0,4	0,5-0,3	0,5	0,3	8
	II	0,7	0,3	0,9	0,2	0,9	1,3-0,8	1,3	0,6	12
	III	0,5	0,3	0,6	0,1	0,5	0,6-0,5	0,8	0,4	7
	IV	0,5	0,3	0,8	0,2	0,8	1,0-0,6	1,2	0,3	17

Водоток	№ отвора	Вертикаль	Горизонт, м	С	б	С	H	Экстремум		Длина ряда л
								максимум	минимум	
Северная Двина:										
основное русло	II	0,5	0,3	1,5	0,4	1,4	1,5-1,3	2,4	1,2	8
	III	0,5	0,3	1,1	0,1	1,1	1,3-1,0	1,3	0,9	8
дельта	IУ	0,3	0,3	1,2	0,3	1,1	1,2-1,1	1,4	1,1	8
	I	0,3	0,3	1,3	0,3	1,2	1,6-1,1	1,8	1,0	6
			дно	1,3	0,3	1,2	1,4-1,1	1,8	1,1	6
		0,7	0,3	1,3	0,2	1,2	1,6-1,1	1,6	1,1	6
			дно	1,3	0,3	1,2	1,3-1,1	1,8	1,1	6
	II	0,5	0,3	1,2	0,3	1,2	1,3-1,1	1,7	1,0	6
	III	0,5	0,3	1,4	0,3	1,3	1,7-1,1	1,8	1,1	6
	IУ	0,5	0,3	1,3	0,3	1,3	1,4-1,1	1,7	1,0	6
	У	0,5	0,3	1,4	0,2	1,4	1,4-1,2	1,8	1,1	6
			дно	1,3	0,2	1,3	1,4-1,2	1,6	1,2	6
			UI	0,3	0,3	3,2	4,8	1,2	1,7-1,1	13
			дно	8,7	18,3	1,2	1,4-1,2	46	1,1	6
			0,7	0,3	3,1	3,9	1,4	2,4-1,2	11	1,1
			дно	6,8	12,4	1,4	3,3-1,2	32	1,2	6
			УII	0,5	0,3	1,4	0,5	1,3	1,4-1,2	2,4
			дно	1,4	0,4	1,3	1,5-1,2	2,1	1,1	6
			УIII	0,3	0,3	3,4	4,2	1,6	2,2-1,4	12
			дно	7,3	14,1	1,6	1,9-1,4	36	1,2	6

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	\bar{c}	б	\hat{c}	H	Экстремум		Длина ряда n
								максимум	минимум	
		0,7	0,3	12,0	25,5	1,6	2,0-1,3	64	1,3	6
			дно	2,9	3,5	1,4	1,9-1,3	10	1,2	6
Осень										
Вычегда	I	0,5	0,3	0,6	0,2	0,5	0,7-0,4	0,9	0,4	4
	II	0,7	0,3	0,9	0,3	1,0	1,0-0,9	1,1	0,1	9
	III	0,5	0,3	0,9	0,3	0,9	1,0-0,6	1,4	0,5	6
	IV	0,5	0,3	1,0	0,2	1,0	1,2-0,9	1,4	0,7	8
Северная Двина:										
основное русло	II	0,5	0,3	1,4	-	1,3	-	1,7	1,1	3
	III	0,5	0,3	1,1	0	1,1	1,1-1,1	1,1	1,1	6
	IV	0,3	0,3	1,2	0,3	1,1	1,5-1,0	1,6	1,0	8
дельта	I	0,3	0,3	1,4	0,3	1,4	1,5-1,3	1,9	1,1	6
			дно	1,4	0,2	1,4	1,7-1,2	1,7	1,2	6
		0,7	0,3	1,4	0,2	1,4	1,5-1,2	1,7	1,1	6
			дно	1,4	0,2	1,4	1,5-1,2	1,6	1,2	6
	II	0,5	0,3	1,4	0,3	1,5	1,6-1,3	1,8	1,0	5
	III	0,5	0,3	1,3	0,1	1,3	1,4-1,2	1,4	1,1	6
	IV	0,5	0,3	1,3	0,2	1,3	1,4-1,1	1,5	1,1	6
	У	0,5	0,3	1,4	0,1	1,4	1,4-1,3	1,5	1,1	6
			дно	1,3	0,1	1,3	1,4-1,3	1,5	1,1	5

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда n
								максимум	минимум	
121	УІ	0,3	0,3	2,4	2,2	1,6	2,0-1,4	6,8	1,1	6
			дно	2,6	2,6	1,6	1,7-1,4	7,9	1,1	6
		0,7	0,3	3,0	2,3	2,0	5,9-1,3	6	1,0	6
			дно	4,2	4,0	2,2	7,3-1,6	II	1,3	6
	УІІ	0,5	0,3	1,5	0,3	1,5	1,6-1,3	1,8	1,1	5
			дно	1,5	0,2	1,4	1,7-1,4	1,8	1,2	5
	УІІІ	0,3	0,3	1,8	0,4	1,6	2,1-1,4	2,5	1,4	6
			дно	1,8	0,4	1,7	2,1-1,4	2,3	1,3	6
		0,7	0,3	1,8	0,5	1,7	2,1-1,4	2,7	1,3	6
			дно	1,8	0,5	1,7	1,8-1,4	2,6	1,3	6

Статистические характеристики величины рН
в водотоках бассейна Северной Двины, мг/л

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда л
								максим- мум	миним- мум	
Зимняя межень										
Сухона	I	0,3	0,3	7,22	0,16	7,25	7,30-7,10	7,65	7,00	14
	II	0,5	0,3	7,25	0,15	7,30	7,40-7,25	7,65	7,00	10
	III	0,5	0,3	7,22	0,18	7,28	7,40-7,20	7,75	7,05	9
Вычегда	I	0,5	0,3	7,40	0,11	7,45	7,45-7,40	7,65	7,25	9
	II	0,7	0,3	7,22	0,08	7,25	7,25-7,20	7,35	7,00	7
	III	0,5	0,3	7,33	0,11	7,25	7,50-7,25	7,60	7,00	7
	IV	0,5	0,3	7,23	0,15	7,20	7,30-7,10	7,60	7,00	14
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	7,33	0,05	7,40	7,40-7,25	7,45	7,20	9
	II	0,5	0,3	7,35	0,14	7,40	7,40-7,20	7,70	7,15	7
	III	0,5	0,3	7,23	0,10	7,20	7,35-7,10	7,50	7,00	26
	IV	0,3	0,3	7,25	0,14	7,25	7,35-7,15	7,70	6,85	66
дельта	I	0,3	0,3	7,27	0,17	7,28	7,40-7,10	7,60	7,00	18
			дно	7,26	0,12	7,25	7,38-7,15	7,45	7,10	12
		0,7	0,3	7,26	0,12	7,25	7,40-7,15	7,40	7,00	16
			дно	7,25	0,11	7,25	7,35-7,15	7,40	7,10	12
	II	0,5	0,3	7,23	0,19	7,30	7,40-7,05	7,40	7,00	5
	III	0,5	0,3	7,22	0,18	7,25	7,35-7,10	7,45	6,90	14

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	с	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда n
								максим- мум	миним- мум	
131	IУ	0,5	0,3	7,27	0,13	7,25	7,40-7,20	7,45	7,10	13
	У	0,5	0,3	7,24	0,15	7,22	7,35-7,15	7,45	7,00	14
			дно	7,29	0,13	7,32	7,39-7,20	7,45	7,00	12
	УГ	0,3	0,3	7,16	0,08	7,15	7,20-7,10	7,30	7,00	11
			дно	7,24	0,15	7,20	7,38-7,15	7,40	7,00	9
		0,7	0,3	7,19	0,12	7,20	7,28-7,12	7,38	7,00	12
			дно	7,22	0,10	7,20	7,30-7,20	7,35	7,00	9
	УП	0,5	0,3	7,27	0,12	7,22	7,34-7,20	7,50	7,10	12
			дно	7,25	0,13	7,28	7,30-7,25	7,39	7,00	6
	УШ	0,3	0,3	7,23	0,15	7,20	7,35-7,20	7,42	6,90	17
			дно	7,23	0,12	7,25	7,32-7,18	7,40	7,00	11
		0,7	0,3	7,23	0,17	7,20	7,35-7,10	7,50	6,90	17
			дно	7,24	0,09	7,22	7,30-7,15	7,39	7,10	10
Весеннее половодье										
Сухона	I	0,3	0,3	7,22	0,19	7,20	7,37-7,07	7,60	6,90	15
	II	0,5	0,3	7,00	0,14	7,00	7,08-6,97	7,25	6,80	15
	III	0,5	0,3	7,03	0,14	7,00	7,10-7,00	7,25	6,80	15
Вычегда	I	0,5	0,3	6,50	0,11	6,50	6,72-6,30	7,00	6,00	20
	II	0,7	0,3	6,57	0,29	6,65	6,72-6,40	7,10	6,05	11
	III	0,5	0,3	6,92	0,49	6,80	6,85-6,80	8,20	6,60	10
	IУ	0,5	0,3	7,07	0,37	6,97	7,35-6,75	8,00	6,50	10

Водоток	№ отвора	Вертикаль	Горизонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								максимум	минимум	
Северная Длина:										
основное русло	I	0,5	0,3	7,17	0,19	7,20	7,20-7,00	7,60	6,80	16
	II	0,5	0,3	6,99	0,22	7,00	7,10-6,80	7,55	6,40	15
	III	0,5	0,3	7,01	0,14	7,00	7,15-6,90	7,35	6,70	11
	IV	0,3	0,3	7,00	0,16	7,07	7,25-7,00	7,40	6,85	29
дельта	I	0,3	0,3	7,02	0,12	7,00	7,05-6,95	7,38	6,90	17
			дно	7,02	0,13	7,00	7,10-6,95	7,20	6,90	4
		0,7	0,3	7,05	0,11	7,05	7,05-7,00	7,38	6,90	17
		дно	7,02	0,13	7,00	7,10-6,95	7,20	6,90	4	
	II	0,5	0,3	7,07	0,12	7,05	7,10-7,00	7,40	6,90	17
	III	0,5	0,3	7,13	0,23	7,02	7,34-6,98	7,55	6,90	12
	IV	0,5	0,3	7,05	0,12	7,05	7,10-7,00	7,40	6,85	18
	V	0,5	0,3	7,06	0,13	7,00	7,08-7,00	7,40	6,90	15
			дно	6,99	0,05	7,00	7,00-7,00	7,05	6,90	5
		VI	0,3	0,3	7,04	0,14	7,00	7,10-6,95	7,30	6,90
		дно	6,99	0,05	7,00	7,00-7,00	7,05	6,90	5	
		0,7	0,3	7,05	0,13	7,00	7,10-7,00	7,30	6,90	10
		дно	6,99	0,05	7,00	7,00-7,00	7,05	6,90	5	
	VII	0,5	0,3	7,09	0,17	7,05	7,20-7,00	7,40	6,85	10
		дно	7,05	0,08	7,00	7,10-7,00	7,20	7,00	6	
	VIII	0,3	0,3	7,08	0,14	7,05	7,10-7,00	7,40	6,90	15

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{c}	σ	\hat{c}	Н	Экстремум		Длина ряда л
								макси- мум	мини- мум	
			дно	7,00	0,06	7,00	7,05-7,00	7,05	6,90	5
		0,7	0,3	7,06	0,17	7,02	7,15-7,00	7,40	6,70	16
			дно	7,00	0,05	7,00	7,05-7,00	7,05	6,90	6
Летняя межень										
Сухона	I	0,3	0,3	7,32	0,11	7,15	7,45-7,15	7,65	7,15	11
	II	0,5	0,3	7,10	0,05	7,07	7,20-7,00	7,25	7,00	6
	III	0,5	0,3	7,56	0,18	7,62	7,80-7,40	7,80	7,00	12
Вычегда	I	0,5	0,3	7,35	0,12	7,40	7,42-7,20	7,65	7,20	11
	II	0,7	0,3	7,33	0,25	7,35	7,50-7,20	7,75	6,95	13
	III	0,5	0,3	7,24	0,26	7,40	7,57-6,90	7,80	6,40	8
	IV	0,5	0,3	7,58	0,28	7,65	7,77-7,55	8,00	6,55	13
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	7,54	0,19	7,60	7,80-7,60	8,00	7,15	9
	II	0,5	0,3	7,45	0,15	7,50	7,60-7,25	7,80	6,80	14
	III	0,5	0,3	7,47	0,12	7,40	7,55-7,37	7,85	7,20	27
	IV	0,3	0,3	7,58	0,27	7,58	7,70-7,40	8,95	7,23	70
дельта	I	0,3	0,3	7,57	0,26	7,60	7,78-7,38	8,00	7,00	19
			дно	7,64	0,29	7,77	7,80-7,52	8,00	7,00	11
		0,7	0,3	7,61	0,24	7,60	7,80-7,42	8,00	7,00	19
			дно	7,61	0,28	7,65	7,78-7,52	8,00	7,00	11
	II	0,5	0,3	7,58	0,24	7,60	7,80-7,35	8,00	7,10	16

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	Б	Г	Н	Экстремум		Длина ряда ~
								макси- мум	мини- мум	
	III	0,5	0,3	7,57	0,21	7,59	7,80-7,38	7,80	7,25	14
	IУ	0,5	0,3	7,63	0,25	7,65	7,80-7,45	8,16	7,20	18
	У	0,5	0,3	7,62	0,24	7,60	7,75-7,45	8,05	7,20	17
			дно	7,65	0,23	7,72	7,76-7,45	7,95	7,20	10
	УI	0,3	0,3	7,64	0,26	7,68	7,80-7,52	8,05	7,20	12
			дно	7,58	0,25	7,60	7,80-7,45	7,95	7,20	10
		0,7	0,3	7,61	0,26	7,62	7,80-7,50	8,05	7,15	12
			дно	7,55	0,23	7,60	7,75-7,45	7,80	7,15	10
	УII	0,5	0,3	7,59	0,27	7,52	7,85-7,40	8,00	7,20	12
			дно	7,56	0,26	7,75	7,76-7,32	7,80	7,20	7
	УIII	0,3	0,3	7,54	0,30	7,60	7,75-7,28	8,20	7,00	19
			дно	7,59	0,26	7,63	7,80-7,45	7,90	7,10	10
		0,7	0,3	7,54	0,31	7,55	7,75-7,35	8,20	6,95	19
			дно	7,57	0,24	7,60	7,65-7,45	8,00	7,20	10
						Осень				
Сухона	I	0,3	0,3	7,30	0,50	7,30	7,63-7,15	7,85	6,40	7
	III	0,5	0,3	7,17	0,26	7,12	7,33-7,00	7,50	7,00	8
Вычегда	I	0,5	0,3	7,00	0,0	7,00	7,00-7,00	7,00	7,00	4
	II	0,7	0,3	7,30	0,37	7,22	7,40-7,10	8,00	6,80	6
	III	0,5	0,3	7,35	0,19	7,35	7,50-7,25	7,60	7,05	7

Северная
Двина:

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	H	Экстремум		Длина ряда n
								максим- мум	миним- мум	
основное русло	II	0,5	0,3	7,33	0,18	7,22	7,57-7,20	7,60	7,00	12
	III	0,5	0,3	7,68	0,20	7,67	7,85-7,60	7,95	7,20	10
дельта	IУ	0,3	0,3	7,55	0,43	7,55	7,82-7,55	8,45	7,20	16
	I	0,3	0,3	7,61	0,29	7,60	7,80-7,40	8,10	7,20	17
			дно	7,70	0,25	7,80	7,80-7,65	8,00	7,20	9
		0,7	0,3	7,65	0,27	7,70	7,80-7,40	8,10	7,25	17
			дно	7,71	0,26	7,80	7,85-7,65	8,00	7,20	9
	II	0,5	0,3	7,67	0,28	7,60	7,80-7,45	8,19	7,20	17
	III	0,5	0,3	7,56	0,26	7,69	7,75-7,38	7,95	7,20	14
	IУ	0,5	0,3	7,68	0,30	7,60	7,80-7,45	8,20	7,20	18
	У	0,5	0,3	7,67	0,30	7,62	7,80-7,50	8,20	7,20	18
			дно	7,60	0,29	7,65	7,75-7,42	8,15	7,20	11
	UI	0,3	0,3	7,73	0,35	7,70	8,00-7,60	8,25	7,20	13
			дно	7,70	0,35	7,75	7,88-7,42	8,25	7,20	12
		0,7	0,3	7,71	0,34	7,75	8,00-7,42	8,15	7,20	12
			дно	7,67	0,35	7,65	7,85-7,42	8,20	7,20	11
	UPI	0,5	0,3	7,65	0,44	7,75	8,00-7,25	8,25	7,00	13
			дно	7,60	0,44	7,62	8,00-7,25	8,25	7,00	10
	UII	0,3	0,3	7,57	0,39	7,62	7,88-7,22	8,25	7,10	16
			дно	7,66	0,42	7,68	8,05-7,25	8,30	7,10	10
		0,7	0,3	7,56	0,40	7,50	7,88-7,28	8,25	7,00	16
			дно	7,60	0,44	7,58	8,05-7,25	8,30	7,00	10

Статистические характеристики содержания кислорода
в водотоках бассейна Северной Двины, мг/л

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда л		
								максимум	минимум			
Зимняя межень												
Сухона	I	0,3	0,3	2,91	2,22	2,69	3,73-1,65	7,4	0,00	14		
	II	0,5	0,3	5,07	4,49	3,32	8,02-1,43	12,88	0,00	11		
	III	0,5	0,3	3,77	5,7	0,9	7,86-0,49	13,85	0,00	7		
Вычегда	I	0,5	0,3	8,40	1,58	8,01	9,00-6,84	11,00	6,82	9		
	II	0,7	0,3	4,54	1,34	4,59	4,90-3,52	7,11	2,75	10		
	III	0,5	0,3	7,63	2,90	6,00	8,96-5,70	13,44	4,78	9		
	IV	0,5	0,3	3,79	1,10	3,68	4,24-3,20	5,68	2,32	9		
Северная Двина:												
основное русло	I	0,5	0,3	3,28	1,53	3,40	4,29-2,58	5,58	0,21	9		
	II	0,5	0,3	4,62	0,99	5,10	5,70-4,40	6,56	3,59	9		
	III	0,5	0,3	3,38	1,26	3,20	3,57-2,15	7,13	1,54	9		
	IV	0,3	0,3	4,06	2,50	4,11	5,03-2,42	10,18	0,10	137		
дельта	I	0,3		1,79	1,18	1,56	2,93-0,74	4,12	0,27	18		
			дно	2,91	2,06	2,86	4,62-1,15	6,34	0,15	10		
			0,7	1,90	1,01	1,97	2,69-1,13	3,80	0,23	17		
			дно	2,89	2,35	2,35	3,81-1,57	7,61	0,23	9		
			II	0,5	0,3	2,92	1,35	2,85	3,48-2,00	5,53	1,18	8
			III	0,5	0,3	3,27	1,69	3,07	4,42-1,75	6,60	1,26	16

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	H	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
БЭ	IУ	0,5	0,3	2,53	1,10	2,38	3,38-1,60	4,30	1,18	12
	У	0,5	0,3	2,60	1,45	2,10	3,24-1,66	6,02	0,75	15
			дно	3,59	1,73	3,26	4,92-2,68	6,12	0,98	10
	УІ	0,3	0,3	3,46	1,48	3,31	4,38-2,14	6,09	1,76	11
			дно	4,98	1,87	4,93	5,98-4,54	7,42	1,46	7
		0,7	0,3	3,74	1,66	3,31	4,67-2,23	6,82	1,76	9
			дно	3,78	1,97	4,48	5,06-2,97	5,45	0,49	7
	УІІ	0,5	0,3	3,67	2,06	3,42	4,83-1,96	8,27	1,50	16
			дно	4,64	2,56	4,68	6,08-2,11	8,40	1,91	6
	УІІІ	0,3	0,3	2,10	1,96	1,80	4,12-0,16	5,72	0,00	17
			дно	3,54	2,53	2,78	5,40-2,10	7,60	0,00	11
		0,7	0,3	1,99	2,03	1,60	4,07-0,15	5,88	0,00	17
			дно	3,54	2,40	2,54	5,40-1,86	7,79	0,94	8
Весеннее половодье										
Сухона	I	0,3	0,3	9,16	2,14	10,12	10,73-8,53	13,70	5,10	16
	II	0,5	0,3	10,63	2,22	10,93	12,55-9,50	13,43	5,65	16
	III	0,5	0,3	10,14	4,56	10,84	12,52-8,93	14,10	1,95	15
Вычегда	I	0,5	0,3	11,00	1,30	10,70	11,24-10,03	12,47	8,66	9
	II	0,7	0,3	9,72	1,45	10,24	10,50-8,43	11,32	7,53	9
	III	0,5	0,3	9,96	2,02	9,35	10,00-8,81	14,80	8,60	8
	IУ	0,5	0,3	9,92	1,13	10,00	10,43-9,76	11,68	8,08	7

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	с	б	с	H	Экстремум		Длина ряда n	
								максимум	минимум		
Северная Двина:											
основное руоло	I	0,5	0,3	10,47	1,12	10,56	II,46-10,20	II,90	8,54	9	
	II	0,5	0,3	10,71	1,51	10,41	II,40-9,71	13,89	8,72	10	
дельта	III	0,5	0,3	9,62	0,94	9,51	10,35-9,43	11,17	8,31	7	
	IV	0,3	0,3	9,49	0,99	9,62	10,71-9,09	11,13	8,08	23	
	I	0,3	0,3	9,76	1,39	9,60	10,12-8,86	13,72	7,94	18	
				дно	10,45	0,53	10,39	10,41-10,36	11,29	9,82	5
		0,7	0,3	9,75	0,93	9,52	10,36-8,95	12,15	8,57	18	
			дно	10,54	0,49	10,41	10,67-10,39	11,29	9,95	5	
	II	0,5	0,3	9,79	0,98	9,51	10,44-9,04	11,73	8,20	19	
	III	0,5	0,3	9,90	0,79	10,03	10,32-9,65	10,99	7,87	12	
	IV	0,5	0,3	9,96	0,95	9,74	10,25-9,21	12,12	8,72	18	
	V	0,5	0,3	10,09	1,08	9,95	10,58-9,31	12,24	8,53	17	
				дно	11,02	1,22	10,74	12,20-9,98	12,41	9,67	7
		UI	0,3	0,3	10,19	1,03	10,09	10,49-9,54	12,10	8,37	14
			дно	11,00	1,32	10,36	12,16-10,05	12,75	9,48	7	
		0,7	0,3	10,26	0,85	10,11	10,49-9,85	12,24	9,05	13	
			дно	10,69	0,94	10,33	11,13-10,11	12,40	9,83	6	
	VII	0,5	0,3	10,11	1,04	10,30	10,67-9,44	12,12	8,60	13	
				дно	10,86	0,69	10,95	11,35-10,26	11,76	10,08	7
	VIII	0,3	0,3	9,97	1,02	9,76	10,18-9,24	12,18	8,72	15	

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда л
								макси- мум	мини- мум	
		дно		11,06	0,56	11,16	11,43-10,95	11,61	10,17	5
		0,7	0,3	10,05	1,00	9,86	10,83-9,36	12,18	8,66	15
		дно		10,84	1,14	10,74	11,51-10,27	12,59	9,21	6
Летняя межень										
141 Сухона	I	0,3	0,3	7,53	2,03	7,22	9,15-5,63	10,90	4,50	22
	II	0,5	0,3	9,70	2,30	9,82	11,64-8,36	12,83	4,81	11
	III	0,5	0,3	10,26	1,86	10,19	12,38-10,97	12,64	7,50	7
Вычегда	I	0,5	0,3	9,15	1,52	8,58	9,16-8,42	12,80	8,07	8
	II	0,7	0,3	8,74	2,29	7,84	9,44-7,37	14,75	7,00	10
	III	0,5	0,3	8,96	1,22	8,52	9,77-7,95	11,00	7,78	8
	IV	0,5	0,3	9,53	0,98	9,42	10,30-8,70	11,20	8,40	8
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	8,73	1,79	8,31	8,89-7,92	13,30	6,66	10
	II	0,5	0,3	11,02	2,27	10,80	12,31-9,00	14,99	8,78	9
	III	0,5	0,3	8,52	1,20	8,63	9,16-7,60	10,79	6,67	7
	IV	0,3	0,3	9,28	1,82	9,26	9,88-8,77	10,58	8,14	27
дельта	I	0,3	0,3	7,62	1,15	7,61	8,40-7,00	9,80	4,63	19
			дно	8,07	1,19	8,12	8,97-7,34	9,83	5,76	10
		0,7	0,3	8,23	1,50	8,08	8,93-7,60	12,05	4,63	18
			дно	8,52	1,76	8,14	8,97-7,78	12,56	5,76	10

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{c}	б	\hat{c}	н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
142	II	0,5	0,3	8,21	0,89	8,11	8,75-7,71	9,67	6,32	18
	III	0,5	0,3	8,27	0,75	8,23	8,84-7,89	9,42	6,89	15
	IV	0,5	0,3	8,05	0,96	8,06	8,72-7,52	9,41	5,88	19
	У	0,5	0,3	7,76	0,89	7,76	8,42-7,19	9,20	5,88	19
			дно	7,95	0,91	7,90	8,74-7,60	9,14	5,95	11
	VI	0,3	0,3	7,89	1,59	8,16	8,82-6,82	9,86	4,62	12
			дно	7,88	1,21	8,22	8,71-7,65	9,10	5,33	10
		0,7	0,3	7,67	1,50	8,18	8,74-6,86	9,24	4,62	12
			дно	8,01	1,30	8,58	8,82-7,75	9,13	5,33	10
	VII	0,5	0,3	7,99	0,94	7,97	8,77-7,60	9,24	5,38	16
			дно	8,26	0,92	8,40	8,78-8,04	9,42	6,10	10
	VIII	0,3	0,3	6,05	3,19	7,30	8,30-4,01	9,57	0,00	18
			дно	8,03	1,51	8,18	8,90-7,56	10,61	5,24	10
		0,7	0,3	5,95	2,94	7,34	7,88-4,01	9,07	0,15	18
			дно	8,26	1,62	8,68	8,89-8,01	11,24	5,24	10
Осень										
Сухона	I	0,3	0,3	8,94	2,72	7,87	11,48-6,62	12,50	7,48	7
	II	0,5	0,3	12,06	-	-	-	12,90	11,42	2
	III	0,5	0,3	9,66	1,78	10,30	10,41-7,74	12,60	5,81	7
Вычегда	I	0,5	0,3	12,66	0,75	12,80	13,15-12,70	13,33	11,22	5
	II	0,7	0,3	10,50	2,08	10,68	12,17-9,28	12,89	7,30	6
	III	0,5	0,3	8,15	3,10	9,44	9,91-5,75	11,66	5,73	6

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	с	б	с	H	Экстремум		Длина ряда n
								максимум	минимум	
Северная Двина:										
основное русло	П	0,5	0,3	12,10	1,81	12,09	14,09-10,33	14,24	10,20	6
	IV	0,3	0,3	9,28	1,53	9,14	10,87-8,29	11,93	8,06	31
дельта	I	0,3	0,3	11,27	1,05	11,39	11,85-10,56	13,14	9,42	18
			дно	11,37	1,21	11,62	12,30-10,46	12,99	9,47	11
		0,7	0,3	11,47	1,00	11,60	12,07-10,80	12,99	9,83	10
			дно	11,39	1,19	11,62	12,33-10,46	12,99	9,60	11
	П	0,5	0,3	11,54	1,03	11,84	12,35-10,92	12,96	9,54	17
	Ш	0,5	0,3	11,51	1,33	10,98	12,17-10,63	13,60	9,83	13
	IV	0,5	0,3	11,67	1,29	11,86	12,27-10,70	14,95	9,38	18
	У	0,5	0,3	11,54	1,09	11,61	11,83-11,22	13,56	9,38	17
	VI	0,3	дно	11,93	1,37	11,75	12,48-11,47	14,79	9,28	11
			дно	11,55	1,16	11,57	11,92-11,30	13,82	9,63	13
		0,7	дно	11,61	0,92	11,64	12,14-11,28	13,19	9,86	12
			дно	11,46	1,15	11,55	12,06-10,70	13,39	9,57	12
	VII	0,5	дно	11,77	1,32	11,68	12,28-11,16	14,19	9,73	11
			дно	11,44	1,13	11,62	12,28-11,14	12,96	9,19	13
	VIII	0,3	дно	11,33	1,46	11,66	12,03-10,98	13,02	7,95	10
			дно	10,96	1,76	11,38	11,87-10,19	13,85	6,40	16
		0,7	дно	11,74	1,49	11,84	12,31-11,27	14,44	9,44	10
			дно	10,99	1,57	11,36	11,86-10,06	13,22	6,81	16
			дно	11,77	1,67	11,34	12,52-10,55	15,54	9,51	10

Статистические характеристики насыщения кислородом
водотоков бассейна Северной Двины, %

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	с	С	Н	Экстремум, %		Длина ряда n		
								макси- мум	мини- мум			
Зимняя межень												
Сухона	I	0,3	0,3	20	15	18	26-II	50	0	14		
	II	0,5	0,3	35	31	23	55-10	88	0	11		
	III	0,5	0,3	26	38	6	54-3	94	0	7		
Вычегда	I	0,5	0,3	57	10	55	61-47	75	47	9		
	II	0,7	0,3	31	9	31	33-24	48	19	10		
	III	0,5	0,3	52	19	41	61-39	92	33	0		
	IV	0,5	0,3	26	7	25	29-22	39	16	9		
Северная Двина:												
основное русло	I	0,5	0,3	22	10	23	29-18	38	1	9		
	II	0,5	0,3	32	7	35	39-30	45	24	9		
	III	0,5	0,3	23	9	22	24-15	49	10	9		
	IV	0,3	0,3	28	17	20	34-16	70	7	137		
дельта	I	0,3		12	8	11	20-6	28	2	18		
			дно	19	14	18	32-7	43	1	10		
			0,7	0,3	13	7	14	18-8	26	2	17	
			дно	19	16	15	22-II	52	2	9		
			II	0,5	0,3	24	15	21	26-14	58	8	8
			III	0,5	0,3	23	11	22	30-14	45	8	16

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	С	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
145	IУ	0,5	0,3	17	7	16	24-II	29	8	12
	У	0,5	0,3	18	10	14	22-12	41	5	15
			дно	25	12	24	40-18	41	7	10
	УI	0,3	0,3	23	10	22	30-14	42	12	11
			дно	33	13	34	40-30	50	10	7
		0,7	0,3	25	11	23	32-15	47	12	9
			дно	29	9	30	34-28	37	10	7
	УII	0,5	0,3	25	14	23	32-13	56	10	16
			дно	32	17	32	41-14	57	13	6
	УIII	0,3	0,3	17	16	16	22-I	62	0	17
			дно	26	17	18	39-15	52	6	10
		0,7	0,3	14	13	12	26-I	35	0	17
			дно	24	16	18	36-12	53	6	8
	Весеннее половодье									
Сухона	I	0,3	0,3	76	16	83	88-70	96	47	16
	II	0,5	0,3	88	17	90	98-78	94	46	16
	III	0,5	0,3	84	35	89	95-74	99	16	15
Вычегда	I	0,5	0,3	86	10	84	88-78	98	71	9
	II	0,7	0,3	76	8	80	82-66	88	62	9
	III	0,5	0,3	78	8	77	78-73	110	67	8
	IУ	0,5	0,3	78	8	78	82-76	91	67	7

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	б	\hat{C}	H	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
Северная Двина: основное русло дельта	I	0,5	0,3	82	8	83	90-80	93	70	9
	II	0,5	0,3	84	9	81	89-80	103	72	10
	III	0,5	0,3	79	10	78	81-78	87	68	7
	IV	0,3	0,3	74	8	75	84-72	87	71	23
	I	0,3	0,3	82	II	83	87-76	II4	70	17
			дно	87	4	88	90-84	90	82	5
			0,7	82	7	82	87-78	97	71	17
			дно	88	5	88	90-84	95	83	5
			0,5	84	8	83	90-79	99	71	19
			0,5	83	8	84	88-80	92	65	12
	IV	0,5	0,3	85	7	83	89-80	98	72	17
	V	0,5	0,3	84	7	84	87-82	96	71	17
			дно	92	10	94	97-84	105	82	5
			0,3	86	7	89	91-83	96	73	13
	VI	0,7	дно	94	9	92	97-88	110	84	6
			0,3	88	5	88	91-86	96	77	13
			дно	91	5	92	95-87	97	84	6
	VII	0,5	0,5	87	7	84	90-81	100	76	13
	VIII	0,3	дно	92	6	92	96-90	100	84	5
			0,3	83	7	81	86-79	97	72	13

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	\bar{C}	\bar{C}	\hat{C}	H	Экстремум		Длина ряда n
								максимум	минимум	
		0,7	дно	92	5	94	94-89	95	84	4
			0,3	83	II	83	90-78	98	58	15
			дно	91	12	91	94-83	109	78	5
Летняя межень										
Сухопа	I	0,3	0,3	77	21	74	93-57	94	50	22
	II	0,5	0,3	96	25	97	II4-85	127	54	II
	III	0,5	0,3	91	20	90	III-97	II2	76	7
Вычегда	I	0,5	0,3	93	13	87	93-92	II4	86	8
	II	0,7	0,3	89	25	80	96-75	II4	77	10
	III	0,5	0,3	91	13	87	99-81	107	79	8
	IV	0,5	0,3	95	11	94	100-87	101	92	8
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	89	18	85	90-81	II8	73	10
	II	0,5	0,3	98	12	96	109-80	III	95	9
	III	0,5	0,3	93	13	94	94-83	109	73	7
	IV	0,3	0,3	94	19	94	100-83	103	83	27
дельта	I	0,3	0,3	75	11	77	82-68	95	51	19
			дно	81	13	84	92-71	94	56	10
		0,7	0,3	82	15	80	87-74	122	51	18
			дно	86	19	83	93-77	127	56	9

Водоток	№ отвора	Вертикаль	Горизонт, м	\bar{C}	б	\hat{C}	H	Экстремум		Длина ряда л										
								максимум	минимум											
	II	0,5	0,3	82	7	82	90-78	92	68	18										
	III	0,5	0,3	83	6	83	88-79	92	71	15										
	IV	0,5	0,3	80	8	80	85-78	91	62	18										
	V	0,5	0,3	77	8	78	85-72	90	62	18										
			дно	80	8	81	84-74	92	65	11										
	VI	0,3	0,3	79	15	80	90-71	98	49	12										
			дно	78	11	78	85-74	90	56	8										
			0,7	77	14	78	85-68	98	49	12										
			дно	79	12	82	86-72	91	56	8										
			0,5	0,3	79	11	80	83-72	104	60	14									
			дно	83	7	85	86-79	91	68	9										
	VII	0,3	0,3	60	33	72	80-42	103	0	18										
			дно	80	13	80	88-74	101	55	10										
			0,7	59	30	72	80-55	94	0	18										
			дно	81	18	87	90-76	107	42	9										
	Сухона																			
												Осень								
												I	0,3	0,3	70	19	62	90-52	91	51
II												0,5	0,3	82	-	-	-	89	80	2
Вычегда																				
											III	0,5	0,3	76	12	79	80-73	93	46	7
											I	0,5	0,3	86	5	92	90-89	91	79	5
											II	0,7	0,3	74	14	73	87-65	88	56	6
											III	0,5	0,3	57	20	66	70-42	80	41	6

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	С	Б	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								максимум	минимум	
Северная Двина:										
основное русло	II	0,5	0,3	83	12	82	99-71	97	70	6
	IV	0,3	0,3	65	10	64	76-60	81	58	6
дельта	I	0,3	0,3	84	7	82	90-78	98	73	16
			дно	86	8	89	92-82	94	74	8
		0,7	0,3	85	7	85	92-80	97	74	16
			дно	86	7	88	92-82	94	72	8
	II	0,5	0,3	86	7	88	90-84	96	72	16
	III	0,5	0,3	85	7	86	92-77	94	74	13
	IV	0,5	0,3	86	8	88	92-82	102	71	17
	V	0,5	0,3	84	8	85	90-82	93	66	16
			дно	87	8	87	92-82	101	70	11
	VI	0,3	0,3	85	6	83	90-81	94	75	13
			дно	86	4	86	90-82	92	79	11
		0,7	0,3	85	6	84	90-81	93	74	12
			дно	88	4	88	89-85	96	83	10
	VII	0,5	0,3	84	7	82	89-80	96	70	13
			дно	84	11	86	92-82	94	60	9
	VIII	0,3	0,3	81	12	81	90-75	94	48	15
			дно	87	9	90	95-81	98	71	9
		0,7	0,3	80	11	81	89-75	94	51	14
			дно	87	10	84	92-82	106	72	9

Статистические характеристики содержания органического вещества
по БПК₅ в водотоках бассейна Северной Двины, мг/л

Приложение 12

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	H	Экстремум		Длина ряда n
								макс- мум	мини- мум	

Зимняя межень

Сухона	I	0,3	0,3	9,65	6,95	8,55	10,44-5,82	25,60	1,42	10
	II	0,5	0,3	2,61	1,75	2,30	3,72-1,75	5,32	0,27	6
	III	0,5	0,3	3,59	1,13	3,82	4,45-2,48	4,85	2,36	5
	IV	0,7	0,3	2,33	1,45	1,92	2,60-1,63	5,62	0,75	8
Вычегда	III	0,5	0,3	4,18	1,58	4,76	5,09-4,04	5,33	1,09	6
	IV	0,5	0,3	1,94	0,71	1,80	2,08-1,39	3,52	1,28	10
Северная Двина:	основное русло									
	I	0,5	0,3	2,02	0,94	2,02	2,67-1,46	3,33	0,55	8
	II	0,5	0,3	1,91	0,84	2,46	2,70-1,46	2,72	0,69	4
	III	0,5	0,3	1,90	0,35	1,83	2,16-1,67	2,44	1,06	8
	IV	0,3	0,3	2,52	0,91	2,35	3,05-2,20	3,51	0,80	110
	дельта									
	I	0,3		2,17	0,72	2,16	2,53-1,67	3,58	1,13	15
			дно	2,44	0,92	2,11	3,14-1,81	3,76	1,30	7
			0,7	2,23	0,84	2,21	2,52-1,80	4,40	1,05	14
			дно	2,32	0,85	2,11	2,74-1,84	3,76	1,20	7
			0,5	1,99	1,54	2,36	2,56-0,63	4,10	0,31	5
			0,3	1,88	0,88	1,57	2,50-1,28	3,42	0,92	8
	IV	0,5	0,3	1,60	0,93	1,63	2,20-0,97	3,50	0,00	12
	V	0,5		1,90	0,78	1,82	2,54-1,29	3,10	0,88	10
			дно	2,01	0,79	2,27	2,49-1,52	2,82	0,72	8

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	с̄	б	с̂	H	Экстремум		Длина ряда n	
								макси- мум	мини- мум		
	УІ	0,3	0,3	2,15	0,70	2,40	2,48-1,71	3,20	1,06	7	
			дно	1,91	1,04	2,24	2,58-0,81	3,12	0,48	6	
		0,7	0,3	2,30	0,84	2,39	2,69-1,96	3,50	0,92	7	
			дно	2,36	0,93	2,58	3,02-2,22	3,12	0,62	6	
	УІІ	0,5	0,3	2,25	1,18	2,03	2,74-1,70	4,72	0,00	14	
			дно	2,63	2,35	2,35	2,44-1,67	7,58	0,25	7	
	УІІІ	0,3	0,3	7,11	5,87	5,81	10,50-2,39	21,80	1,10	14	
			дно	2,38	1,13	2,19	2,48-1,67	5,10	1,22	9	
		0,7	0,3	5,30	4,04	2,84	10,00-2,00	10,62	0,95	12	
			дно	1,96	0,42	1,98	2,32-1,76	2,42	1,15	8	
	Весеннее половодье										
	Сухона	І	0,3	0,3	4,37	1,60	4,10	5,15-3,46	8,46	1,85	13
ІІ		0,5	0,3	3,03	1,40	3,04	3,70-2,69	6,99	0,85	15	
ІІІ		0,5	0,3	5,07	1,79	5,59	6,46-4,30	7,04	0,28	17	
Вычегда	ІІ	0,7	0,3	4,28	2,37	3,90	5,53-2,75	8,34	1,09	9	
	ІІІ	0,5	0,3	2,99	0,82	2,67	3,16-2,54	4,33	2,23	5	
	ІУ	0,5	0,3	3,05	0,45	3,00	3,44-2,64	3,68	2,56	6	
Северная Двина:											
основное русло	І	0,5	0,3	2,78	1,35	2,99	3,90-1,43	4,20	0,91	8	
	ІІ	0,5	0,3	2,68	1,37	2,50	4,01-1,13	5,97	0,50	10	
	ІІІ	0,5	0,3	2,77	0,71	2,53	3,26-2,30	3,85	1,88	7	

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	Б	С	Н	Экстремум		Длина ряда л
								макси- мум	мини- мум	
дельта	IУ	0,3	0,3	2,88	0,90	2,87	3,20-2,51	3,72	1,56	9
	I	0,3	0,3	3,66	1,80	3,42	4,53-2,26	7,66	1,22	16
			дно	2,35	0,63	2,48	2,83-1,92	3,01	1,49	5
		0,7	0,3	2,53	0,84	2,54	3,11-1,65	3,98	1,44	16
			дно	2,16	0,58	2,00	2,48-1,68	3,01	1,65	5
	II	0,5	0,3	2,50	1,04	2,37	2,93-2,00	4,66	0,65	18
	III	0,5	0,3	2,57	0,84	2,85	3,29-2,10	3,48	1,10	9
	IУ	0,5	0,3	2,03	0,94	2,01	2,82-1,34	3,33	0,51	19
	У	0,5	0,3	3,45	1,93	2,97	3,55-2,33	9,38	1,60	17
			дно	2,73	1,08	2,64	3,45-1,92	4,30	1,43	7
	UI	0,3	0,3	2,38	0,93	2,14	3,05-1,68	4,18	1,02	12
			дно	2,27	0,51	2,12	2,39-1,99	3,22	1,75	6
		0,7	0,3	3,21	2,26	2,24	3,76-1,90	8,92	1,02	11
			дно	2,07	0,85	2,18	2,51-1,75	3,16	0,63	6
	UPI	0,5	0,3	2,75	1,07	2,75	3,17-2,25	5,00	0,60	14
			дно	2,48	1,06	2,23	2,96-1,82	4,30	1,27	7
	UIII	0,3	0,3	3,10	1,62	2,52	3,63-2,00	6,69	1,20	17
			дно	2,69	0,67	2,52	3,30-2,30	3,45	1,86	5
		0,7	0,3	3,20	1,43	3,22	4,05-2,32	6,55	1,02	17
			дно	2,36	3,70	2,38	2,54-2,15	2,84	1,87	5

Водоток	№ отвора	Вертикаль	Горизонт, м	С	Б	С	Н	Экстремум		Длина ряда n	
								максимум	минимум		
Летняя межень											
Сухона	I	0,3	0,3	3,9I	I,88	3,80	5,40-2,38	7,9I	0,87	I9	
	II	0,5	0,3	2,58	I,00	2,3I	3,49-I,58	4,04	I,37	9	
	III	0,5	0,3	3,4I	I,25	2,89	4,68-2,46	5,63	2,18	7	
Вычегда	II	0,7	0,3	3,56	I,64	2,80	4,75-2,55	6,59	2,05	9	
	III	0,5	0,3	I,84	I,29	I,32	I,74-0,99	3,75	0,97	4	
	IУ	0,5	0,3	3,03	0,74	3,16	3,60-2,32	4,00	2,08	8	
Северная Двина:											
основное русло	I	0,5	0,3	3,63	I,63	3,76	4,75-2,10	6,22	I,59	8	
	II	0,5	0,3	3,04	I,4I	2,76	4,57-2,4I	4,69	0,99	6	
	III	0,5	0,3	2,52	0,79	2,36	3,0I-2,00	3,90	I,49	8	
дельта	IУ	0,3	0,3	2,64	0,90	2,35	3,12-2,13	5,52	0,80	104	
	I	0,3	0,3	2,38	I,19	2,35	3,07-I,58	4,32	0,3I	I9	
				дно	2,04	0,82	2,02	2,64-I,55	3,30	0,70	10
			0,7	0,3	2,08	0,95	2,03	2,68-I,58	4,18	0,1I	18
				дно	2,44	0,80	2,6I	2,70-2,00	4,00	I,08	9
	II	0,5	0,3	2,34	I,36	2,24	2,69-I,52	6,05	0,60	I9	
	III	0,5	0,3	2,14	0,9I	2,32	2,90-I,69	3,29	0,37	10	
	IУ	0,5	0,3	2,2I	I,42	I,83	2,92-I,0I	5,12	0,54	18	
	У	0,5	0,3	I,96	I,13	2,19	I,76-0,94	3,72	0,35	17	

Водоток	№ отбора	Вертикаль	Горизонт, м	С	С	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								максимум	минимум	
	УІ	0,3	дно	1,53	1,02	1,22	2,25-0,98	3,80	0,32	10
			0,3	2,06	1,15	2,18	2,68-1,58	4,23	0,15	12
			дно	1,68	0,58	1,49	2,06-1,19	2,75	1,05	10
	0,7	0,3	дно	1,85	1,10	1,99	2,40-0,92	4,32	0,15	12
			дно	1,48	0,65	1,39	1,85-1,15	2,67	0,66	10
	УІІ	0,5	0,3	2,11	1,01	1,89	2,52-1,40	4,42	0,81	16
			дно	1,90	0,68	1,98	2,41-1,24	2,74	0,68	10
	УІІІ	0,3	0,3	3,50	2,58	2,88	3,62-1,76	9,34	0,41	18
			дно	1,88	1,05	1,92	2,67-1,15	3,53	0,28	10
			0,7	0,3	2,70	1,50	2,44	3,50-1,76	5,70	0,59
дно			1,85	1,17	2,44	2,70-0,94	3,25	0,15	11	
Осень										
Сухона	І	0,3	0,3	7,19	0,81	7,16	7,60-6,46	8,51	6,26	6
	ІІ	0,5	0,3	2,47	-	-	-	3,85	1,09	2
	ІІІ	0,5	0,3	4,47	0,82	4,23	5,63-3,80	6,93	2,00	6
Вычегда	ІІ	0,7	0,3	1,73	0,50	1,68	2,07-1,62	2,20	1,08	5
	ІІІ	0,5	0,3	4,61	1,60	4,91	-	5,44	3,18	4
	ІУ	0,5	0,3	3,04	2,15	3,04	3,20-1,28	6,40	1,28	5
Северная Двина:										
основное русло	ІІ	0,5	0,3	4,35	-	4,34	-	5,70	2,90	3

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда n
								максим- мум	миним- мум	
дельта	III	0,5	0,3	2,75	0,82	2,59	3,82-2,06	3,90	1,85	6
	IУ	0,3	0,3	4,00	1,25	3,98	4,80-3,81	6,42	1,01	5
	I	0,3	0,3	2,60	0,86	2,68	2,96-2,21	4,88	1,31	17
			дно	2,11	0,46	2,24	2,49-1,76	2,56	1,35	8
		0,7	0,3	2,50	0,90	2,56	3,10-2,17	4,09	0,79	17
			дно	2,27	0,85	2,38	2,87-1,42	3,62	1,30	8
	II	0,5	0,3	2,73	1,22	2,15	2,68-1,80	5,15	1,49	16
	III	0,5	0,3	2,12	0,42	1,94	2,45-1,83	2,79	1,63	9
	IУ	0,5	0,3	2,35	0,78	2,26	2,75-1,96	3,94	1,09	18
	У	0,5	0,3	2,38	0,54	2,26	2,99-1,84	3,26	1,70	14
			дно	2,26	0,77	2,38	2,60-1,59	3,66	1,28	8
	УI	0,3	0,3	2,17	0,90	2,10	2,64-1,80	3,66	0,47	11
			дно	2,24	1,39	1,90	2,84-1,45	4,98	0,00	10
		0,7	0,3	3,21	1,85	2,94	3,12-2,25	7,76	1,20	9
			дно	3,06	1,91	2,53	3,32-1,90	7,45	1,55	8
	УII	0,5	0,3	2,89	1,15	2,57	3,26-2,25	5,86	1,73	12
			дно	2,30	0,73	2,34	2,78-1,68	3,57	1,55	8
	УIII	0,3	0,3	4,00	2,58	2,88	5,46-2,19	9,00	1,81	15
			дно	2,40	0,85	2,46	2,98-1,59	3,76	1,42	8
		0,7	0,3	3,34	1,69	2,55	4,03-2,18	7,40	1,63	15
			дно	2,28	0,69	2,40	2,84-1,84	3,02	1,03	8

Статистические характеристики содержания органических
веществ по ХПК в водотоках бассейна Северной Двины, мг/л

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	С	С	Н	Экстремум		Длина ряда n		
								максим- мум	миним- мум			
Зимняя межень												
Сухона	I	0,3	0,3	82,3	52,7	59,9	87,6-48,2	193,6	41,7	11		
	II	0,5	0,3	49,6	18,5	49,4	57,4-38,9	68,7	37,2	8		
	III	0,5	0,3	52,6	22,1	51,8	58,4-42,5	102,0	18,8	7		
Вычегда	I	0,5	0,3	21,3	17,8	12,1	29,7-8,1	59,6	6,8	9		
	II	0,7	0,3	28,4	13,1	24,2	42,5-17,8	49,3	13,4	9		
	III	0,5	0,3	24,6	10,1	23,2	26,2-18,1	49,1	14,7	9		
	IV	0,5	0,3	35,6	-	35,9	-	39,2	31,7	3		
Северная Двина:												
основное русло	I	0,5	0,3	31,5	9,8	30,5	41,6-22,1	43,8	17,4	9		
	II	0,5	0,3	32,1	7,4	32,0	34,2-27,8	47,3	19,6	10		
	III	0,5	0,3	26,8	3,6	28,4	29,5-24,8	30,3	19,2	10		
	IV	0,3	0,3	39,2	12,7	35,7	40,4-28,9	78,1	17,7	115		
дельта	I	0,3		37,1	7,7	37,9	41,4-33,9	47,2	21,0	13		
			дно	40,1	10,5	38,6	45,2-32,4	56,1	24,9	13		
			0,7	38,8	14,6	34,4	41,4-30,5	81,2	26,5	12		
			дно	37,6	7,8	33,3	40,4-32,6	56,0	29,2	11		
			II	0,5	0,3	33,8	12,0	31,0	33,4-28,0	65,4	23,6	10
			III	0,5	0,3	31,6	6,2	30,0	34,0-27,1	46,2	25,6	11

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	H	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
157	IV	0,5	0,3	39,3	18,0	31,0	47,8-27,6	73,7	22,8	II
	У	0,5	0,3	34,6	9,9	33,3	38,6-28,0	56,2	23,3	14
			дно	35,4	10,9	35,6	40,9-27,0	59,6	20,3	12
	VI	0,3	0,3	34,2	11,9	29,3	34,4-28,2	60,2	21,6	II
			дно	37,6	7,8	35,0	42,4-32,0	53,0	29,4	8
		0,7	0,3	35,7	9,5	31,3	43,4-29,0	49,8	21,6	II
			дно	39,4	7,8	37,6	45,1-33,4	53,0	30,2	8
	VII	0,5	0,3	31,5	7,7	29,9	37,1-26,9	44,7	17,0	13
			дно	32,4	7,7	30,9	38,4-27,6	45,2	23,3	7
	VIII	0,3	0,3	45,0	16,0	45,2	49,7-34,7	76,6	23,0	13
			дно	43,5	13,7	41,2	50,0-34,2	76,6	26,1	12
		0,7	0,3	45,5	15,3	41,1	51,0-36,8	74,3	25,8	12
			дно	42,1	13,3	41,3	44,9-35,5	76,6	26,1	II
	Весеннее половодье									
Сухона	I	0,3	0,3	43,1	23,3	37,5	51,4-29,4	93,3	6,1	16
	II	0,5	0,3	48,4	28,5	84,1	62,0-28,8	134,1	9,7	22
	III	0,5	0,3	43,7	16,8	37,6	55,4-33,9	91,7	18,3	19
Вычегда	I	0,5	0,3	42,7	9,7	42,1	44,2-39,1	63,0	30,1	9
	II	0,7	0,3	37,8	10,3	40,0	42,6-32,8	55,8	21,2	9
	III	0,5	0,3	43,0	13,3	44,1	55,7-32,6	65,4	22,0	10
	IV	0,5	0,3	39,4	-	-	-	57,1	21,7	2

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	Б	С	Н	Экстремум		Длина ряда n	
								максим- мум	миним- мум		
Северная Двина:											
основное русло	I	0,5	0,3	44,8	14,6	41,4	50,0-33,9	77,4	30,6	10	
	II	0,5	0,3	59,7	6,2	59,6	52,0-47,2	62,3	38,7	10	
	III	0,5	0,3	44,3	9,6	35,8	48,7-38,0	60,6	33,7	10	
дельта	IV	0,3	0,3	49,0	9,7	49,1	54,5-40,4	111,3	27,1	77	
	I	0,3	0,3	48,3	12,3	49,2	54,7-41,4	72,5	23,5	14	
				дно	48,6	14,8	46,3	52,6-41,2	79,7	29,0	8
			0,7	0,3	46,5	10,8	49,2	52,3-38,4	60,9	23,5	14
				дно	45,2	11,8	42,0	52,6-38,4	67,0	29,0	8
	II	0,5	0,3	43,4	10,4	41,1	46,7-37,0	65,4	31,8	15	
	III	0,5	0,3	41,2	8,2	42,6	43,1-34,7	57,5	30,4	9	
	IV	0,5	0,3	47,7	12,8	44,4	57,4-37,0	74,2	31,6	14	
	V	0,5	0,3	47,2	10,1	45,9	49,0-42,6	68,8	30,0	15	
				дно	40,9	11,0	40,0	45,4-35,3	61,8	24,5	8
	VI	0,3	0,3	42,7	10,6	40,8	45,2-39,0	68,8	23,4	12	
				дно	44,7	11,2	39,7	50,8-36,6	62,2	36,0	7
			0,7	0,3	46,0	9,2	42,8	51,0-40,4	68,8	34,2	13
				дно	44,4	12,4	40,6	41,8-38,6	73,2	36,0	7
	VII	0,5	0,3	43,2	10,7	40,7	45,7-36,4	73,2	32,5	15	
				дно	36,5	10,9	34,8	41,4-29,8	57,8	22,3	8
	VIII	0,3	0,3	47,9	12,4	43,8	49,0-40,5	82,8	37,8	12	
			дно	40,8	2,2	40,7	41,9-39,9	44,8	38,0	5	

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С̂	H	Экстремум		Длина ряда n
								максим- мум	мини- мум	
		0,7	0,3	48,1	13,9	44,0	52,1-40,7	82,2	25,6	14
			дно	53,3	23,6	44,4	47,2-41,6	101,2	41,1	6
Летняя межень										
Сухона	I	0,3	0,3	48,5	15,4	44,6	58,9-37,9	82,7	29,4	22
	II	0,5	0,3	48,7	11,1	47,1	54,2-36,4	81,8	32,4	8
	III	0,5	0,3	48,0	15,6	46,4	65,0-38,1	69,6	23,7	11
Вычегда	I	0,5	0,3	26,0	8,3	28,0	38,5-22,0	59,3	12,3	8
	II	0,7	0,3	33,8	10,4	30,6	37,8-26,8	49,2	18,8	9
	III	0,5	0,3	26,2	6,4	24,8	31,3-21,8	35,8	18,1	8
	IV	0,5	0,3	34,0	-	-	-	37,5	30,5	2
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	37,7	11,0	38,2	49,7-28,4	51,8	19,9	10
	II	0,5	0,3	38,0	7,7	39,0	42,1-23,2	53,8	32,9	9
	III	0,5	0,3	33,2	7,2	32,9	35,1-31,1	49,1	25,8	9
	IV	0,3	0,3	43,4	13,5	40,4	50,3-31,5	69,2	17,2	118
дельта	I	0,3	0,3	44,5	10,0	43,4	47,0-38,5	65,6	30,7	12
			дно	44,5	9,4	47,1	50,6-38,0	60,2	29,1	11
		0,7	0,3	44,3	10,6	42,6	49,1-37,8	65,6	26,6	12
	II		дно	41,1	7,2	40,7	47,1-38,1	50,9	29,1	9
		0,5	0,3	43,7	9,1	46,4	49,8-39,1	53,8	26,1	13

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	Б	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда л
								макси- мум	мини- мум	
ОБ	Ш	0,5	0,3	38,5	6,7	38,6	43,8-34,0	47,3	27,8	9
	ІУ	0,5	0,3	39,5	9,7	44,4	47,0-30,0	52,0	25,6	12
	У	0,5	0,3	40,8	15,5	38,3	44,5-31,7	87,3	26,6	14
			дно	36,4	9,4	37,9	40,6-33,2	54,4	18,4	11
	УІ	0,3	0,3	44,5	11,6	45,0	51,2-35,4	66,0	25,4	12
			дно	40,0	5,9	40,2	45,6-38,5	47,5	30,8	9
		0,7	0,3	42,9	14,5	43,6	53,8-34,9	66,0	16,4	12
			дно	41,4	13,8	42,4	46,8-39,8	61,2	12,0	8
	УІІ	0,5	0,3	40,0	9,2	39,1	46,6-32,9	59,4	26,9	13
			дно	40,2	10,1	41,9	46,6-34,9	55,7	21,3	10
	УІІІ	0,3	0,3	46,3	10,1	45,4	55,2-41,6	59,7	30,0	12
			дно	44,7	13,2	42,6	52,1-38,1	72,3	26,3	10
		0,7	0,3	47,4	12,8	43,8	49,8-41,2	81,2	30,9	12
			дно	39,2	8,3	40,1	43,2-35,0	56,2	26,3	11
	Осень									
Сухона	І	0,3	0,3	126,0	121,0	77,5	107,8-54,8	339,0	52,2	6
	Ш	0,5	0,3	53,4	25,3	55,3	68,5-32,8	89,4	18,8	5
Вычегда	І	0,5	0,3	42,2	6,2	40,0	48,8-37,2	51,0	36,5	5
	ІІ	0,7	0,3	33,8	6,4	36,2	37,6-30,8	39,6	22,2	6
	Ш	0,5	0,3	41,7	9,5	42,8	45,9-36,8	56,9	26,7	7

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	Б	С	Н	Экстремум		Длина ряда л
								максим- мум	мини- мум	
Северная Двина:										
основное русло	II	0,5	0,3	46,0	8,1	46,1	47,6-42,1	59,4	34,6	6
	III	0,5	0,3	41,6	9,2	40,0	49,6-35,6	54,3	28,5	8
	IV	0,3	0,3	42,6	-	-	-	58,1	27,3	3
дельта	I	0,3	0,3	46,7	11,7	48,6	55,5-36,5	62,6	26,1	13
			дно	43,5	11,0	43,6	50,1-36,8	62,5	27,2	11
		0,7	0,3	44,4	11,7	43,2	52,3-41,0	62,5	18,8	13
		дно	39,9	8,0	38,4	43,6-35,3	54,8	28,4	10	
	II	0,5	0,3	38,2	8,2	40,4	44,1-29,9	50,2	26,1	12
	III	0,5	0,3	40,0	9,0	41,6	44,8-32,8	58,2	30,2	10
	IV	0,5	0,3	40,5	8,8	39,5	44,3-33,4	58,6	29,7	13
	У	0,5	0,3	38,0	7,3	38,5	41,2-35,0	53,6	27,6	13
		дно	41,3	8,5	41,4	44,1-35,2	60,5	29,4	10	
	VI	0,3	0,3	40,4	11,7	40,6	46,7-33,9	69,9	23,9	14
		дно	39,9	11,3	38,2	46,7-32,4	66,2	25,7	13	
		0,7	0,3	43,5	10,9	42,9	48,4-36,0	66,5	25,7	12
		дно	41,7	11,9	41,1	46,7-31,8	69,7	25,7	12	
	VII	0,5	0,3	41,8	12,0	38,6	51,2-31,1	66,0	27,6	15
		дно	45,5	14,5	43,4	56,0-33,0	73,1	27,8	12	

Окончание приложения I3

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	\bar{C}	b	\hat{C}	H	Экстремум		Длина ряда n
								максимум	минимум	
	УШ	0,3	0,3	50,6	13,2	49,8	54,6-44,6	79,9	31,1	10
			дно	49,7	8,3	52,6	56,6-43,7	60,9	36,1	9
		0,7	0,3	48,7	9,0	50,0	55,1-42,5	59,9	33,0	10
			дно	45,4	7,1	46,6	48,7-43,0	55,9	33,4	9

Статистические характеристики содержания кремния
в водотоках бассейна Северной Двины, мг/л

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда n	
								макс- мум	мини- мум		
Зимняя межень											
Сухона	I	0,3	0,3	3,0	1,5	3,0	3,9-2,8	5,8	0,6	9	
	II	0,5	0,3	4,2	2,1	4,5	5,0-3,0	8,2	0,7	8	
	III	0,5	0,3	5,4	1,9	4,7	6,4-4,6	8,6	2,5	7	
Вычегда	I	0,5	0,3	3,5	1,7	3,5	5,0-1,9	5,4	0,7	9	
	II	0,7	0,3	5,3	1,7	5,2	6,5-3,5	7,7	3,3	9	
	III	0,5	0,3	5,8	2,3	5,4	6,0-4,7	9,6	3,3	5	
	IV	0,5	0,3	4,1	-	-	-	5,2	3,1	2	
Северная Двина:											
основное русло	IV	0,3	0,3	4,7	0,7	4,6	4,7-4,4	6,2	3,7	10	
	I	0,3	0,3	4,5	0,9	4,2	4,6-3,8	6,4	3,4	9	
				дно	4,5	0,8	4,3	4,9-4,1	5,9	3,4	9
			0,7	0,3	4,5	0,7	4,5	4,9-4,2	5,8	3,4	9
				дно	4,4	0,6	4,4	4,8-4,2	5,2	3,4	8
	II	0,5	0,3	4,0	1,9	4,4	4,6-3,8	6,7	0,3	7	
	III	0,5	0,3	4,6	0,5	4,5	5,1-4,2	5,2	3,9	9	
	IV	0,5	0,3	3,8	1,4	4,0	4,6-3,6	5,6	0,6	8	
	V	0,5	0,3	4,6	0,8	4,5	4,7-4,3	6,4	3,6	9	
				дно	4,8	0,8	4,6	5,0-4,4	6,4	4,0	8

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	H	Экстремум		Длина ряда n	
								макси- мум	мини- мум		
Сухона	UI	0,3	0,3	4,6	0,8	4,4	4,6-4,4	6,6	3,6	10	
			дно	4,7	1,1	4,5	5,0-4,0	7,1	3,5	8	
		0,7	0,3	4,0	1,0	4,5	4,7-4,5	7,5	3,5	10	
			дно	5,0	1,6	4,4	6,0-4,2	7,7	3,4	8	
	UII	0,5	0,3	4,7	0,9	4,7	5,4-4,4	6,1	3,5	9	
			дно	4,7	0,8	4,8	5,4-4,3	5,5	3,5	6	
	UIII	0,3	0,3	4,6	0,8	4,4	5,1-4,0	6,2	3,4	9	
			дно	4,5	0,6	4,4	5,0-4,2	5,4	3,4	9	
		0,7	0,3	4,5	0,7	4,6	5,0-4,2	5,6	3,2	8	
			дно	4,5	0,8	4,4	5,0-4,2	5,6	3,2	8	
	Весеннее половодье										
	I	0,3	0,3	1,8	1,0	1,8	2,6-1,0	3,9	0,6	14	
		0,5	0,3	1,9	2,6	2,2	3,1-1,2	8,2	0,6	21	
		0,5	0,3	3,2	0,6	3,3	3,6-2,7	4,6	2,2	12	
	Вычегда	I	0,5	0,3	2,3	1,1	2,7	3,2-1,2	3,5	0,9	9
		II	0,7	0,3	1,5	1,0	1,0	1,4-1,0	3,5	0,8	9
III		0,5	0,3	1,7	0,3	1,8	1,9-1,5	2,0	1,3	3	
IV		0,5	0,3	1,6	0,6	1,6	2,4-0,8	2,3	0,0	3	
Северная Двина:											
основное русло	IV	0,3	0,3	2,1	0,8	1,9	2,3-1,7	3,5	1,2	10	

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	с	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
дельта	I	0,3	0,3	1,8	0,6	1,7	2,0-1,2	3,0	1,2	8
			дно	1,8	0,6	1,8	2,2-1,3	2,4	1,1	5
		0,7	0,3	1,8	0,6	1,7	2,0-1,4	3,0	1,2	8
			дно	1,8	0,7	2,2	2,3-1,3	2,4	0,8	5
	II	0,5	0,3	1,9	0,8	1,8	2,7-1,4	2,9	0,8	9
	III	0,5	0,3	1,8	0,8	1,9	2,4-1,4	2,7	0,3	9
	IV	0,5	0,3	2,0	0,8	2,0	2,6-1,2	3,3	1,0	8
	V	0,5	0,3	2,0	0,6	2,1	2,3-1,6	2,9	1,0	9
			дно	1,6	0,8	2,0	2,1-0,8	2,5	0,8	5
	VI	0,3	0,3	2,0	0,6	2,0	2,3-1,7	3,2	1,0	8
			дно	1,9	0,5	1,8	2,2-1,6	2,7	1,1	6
		0,7	0,3	2,1	0,6	1,9	2,4-1,8	3,2	1,1	9
			дно	1,9	0,6	1,9	1,3-1,6	2,7	1,0	6
	VII	0,5	0,3	1,9	0,6	2,0	2,2-1,5	3,0	1,0	9
			дно	2,1	0,8	2,2	2,9-1,2	3,0	1,0	6
	VIII	0,3	0,3	1,9	0,6	2,0	2,2-1,5	3,1	1,0	10
			дно	1,8	0,3	1,8	2,0-1,6	2,3	1,5	4
		0,7	0,3	2,0	0,6	2,0	2,1-1,5	2,9	1,1	10
			дно	2,0	0,6	1,9	2,6-1,5	2,8	1,4	4
Летняя мажонь										
Сухона	I	0,3	0,3	0,9	0,6	0,9	1,2-0,6	2,3	0	10
	II	0,5	0,3	1,6	0,8	1,4	2,0-1,0	3,3	0,7	8
	III	0,5	0,3	1,7	1,2	1,8	2,6-0,7	2,9	0	7

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	H	Экстремум		Длина ряда n	
								максимум	минимум		
Вычегда	I	0,5	0,3	2,4	0,8	2,4	3,2-1,3	3,3	1,2	7	
	II	0,7	0,3	1,8	0,8	1,8	2,3-1,2	2,9	0,8	6	
	III	0,5	0,3	2,5	1,3	2,6	3,1-1,5	4,7	0,7	8	
	IV	0,5	0,3	2,1	0,6	2,4	2,6-1,8	2,7	1,3	3	
Северная Двина:	основное русло дельта	IV	0,3	0,3	1,3	0,6	1,1	1,8-0,9	2,6	0,7	10
		I	0,3	0,3	1,1	0,4	1,1	2,4-1,4	3,4	1,0	9
				дно	1,1	0,4	1,1	2,4-1,4	3,0	0,6	9
			0,7	0,3	1,1	0,4	1,2	2,3-1,5	2,9	1,0	9
				дно	1,1	0,4	1,1	2,4-1,6	3,0	1,0	9
		II	0,5	0,3	1,0	0,6	0,8	3,0-1,2	3,2	0,9	9
		III	0,5	0,3	1,1	0,5	0,8	2,9-2,0	3,2	1,1	9
		IV	0,5	0,3	0,9	0,5	0,8	3,0-1,3	3,6	0,7	10
		V	0,5	0,3	1,0	0,4	1,0	2,9-1,8	3,2	1,6	10
				дно	1,0	0,5	1,0	3,2-2,1	3,6	1,4	9
		VI	0,3	0,3	1,0	0,5	1,0	2,8-1,9	3,0	1,2	10
				дно	0,9	0,6	1,0	3,0-1,7	3,3	1,2	10
			0,7	0,3	0,8	0,6	0,8	2,5-1,5	3,3	1,4	9
				дно	0,9	0,4	0,9	2,6-1,6	3,4	1,1	9
		VII	0,5	0,3	0,9	0,4	0,8	2,9-1,6	3,2	1,3	9
			дно	1,0	0,5	0,7	3,0-1,5	3,1	1,3	8	

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{c}	б	\hat{c}	Н	Экстремум		Длина ряда n
								максим- мум	мини- мум	
	УШ	0,3	0,3	0,9	0,6	1,1	2,6-1,4	3,2	1,1	10
			дно	0,9	0,6	0,9	2,4-1,5	3,5	1,0	9
		0,7	0,3	0,9	0,5	0,9	2,4-1,2	3,0	1,0	10
			дно	0,9	0,5	0,7	2,8-1,4	3,3	1,1	9
Осень										
Сухона	I	0,3	0,3	1,9	0,8	2,1	2,6-1,0	2,9	0,9	5
	Ш	0,5	0,3	2,8	1,0	3,0	3,5-2,8	4,0	0,7	7
Вычегда	I	0,5	0,3	1,4	1,4	0,9	2,5-0,4	3,4	0,1	7
Дельта	I	0,3	0,3	2,0	0,8	2,2	2,4-1,4	3,4	1,0	9
Северной			дно	1,9	0,8	2,3	2,4-1,4	3,0	0,6	9
Двины		0,7	0,3	1,9	0,7	2,2	2,3-1,5	2,9	1,0	9
			дно	2,1	0,6	2,3	2,4-1,6	3,0	1,0	9
	II	0,5	0,3	2,1	1,0	2,2	3,0-1,2	3,2	0,9	9
	Ш	0,5	0,3	2,4	0,7	2,8	2,9-2,0	3,2	1,1	9
	IУ	0,5	0,3	2,2	1,0	2,2	3,0-1,3	3,6	0,7	10
	У	0,5	0,3	2,4	0,6	2,6	2,9-1,8	3,2	1,6	10
			дно	2,5	0,8	2,4	3,2-2,1	3,6	1,4	9
	УI	0,3	0,3	2,3	0,6	2,4	2,8-1,9	3,0	1,2	10
			дно	2,3	0,8	2,4	3,0-1,7	3,3	1,2	10
		0,7	0,3	2,2	0,7	2,2	2,5-1,5	3,3	1,4	9
			дно	2,2	0,8	2,5	2,6-1,6	3,4	1,1	9

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	H	Экстремум		Длина ряда n
								максимум	минимум	
	УП	0,5	0,3	2,3	0,7	2,5	2,9-1,5	3,2	1,3	9
			дно	2,3	0,8	2,6	3,0-1,5	3,1	1,3	8
	УШ	0,3	0,3	2,2	0,7	2,3	2,6-1,4	3,2	1,1	10
			дно	2,2	0,8	2,3	2,4-1,5	3,5	1,0	9
		0,7	0,3	2,0	0,7	2,3	2,4-1,2	3,5	1,0	10
			дно	2,2	0,8	2,4	2,8-1,4	3,3	1,1	9

Статистические характеристики содержания фосфатного
фосфора в водотоках Северной Двины, мкг/л

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	С	С	Н	Экстремум		Длина ряда л
								максим- мум	миним- мум	
Землямень										
Вычегда	I	0,5	0,3	34	15	26	45-26	55	19	5
	II	0,7	0,3	51	6	50	56-46	59	42	6
	III	0,5	0,3	38	30	32	60-15	96	0	8
	IV	0,5	0,3	19	10	17	21-12	39	9	7
Северная Двина:										
основное русло	II	0,5	0,3	44	18	52	60-37	80	24	9
	III	0,5	0,3	37	14	41	44-25	53	19	8
	IV	0,3	0,3	44	28	42	66-20	94	8	10
дельта	I	0,3	0,3	27	17	20	44-16	61	8	12
			дно	23	13	23	28-16	53	5	11
—		0,7	0,3	26	16	19	34-14	61	9	12
			дно	21	12	18	32-14	45	8	10
	II	0,5	0,3	28	23	21	45-14	74	2	9
	III	0,5	0,3	29	11	26	37-22	44	10	10
	IV	0,5	0,3	19	15	18	31-7	42	0	9
	V	0,5	0,3	21	17	16	37-10	48	0	11
			дно	28	25	18	43-12	84	2	10

Водоток	# отвора	Верти- каль	Гори- зонт; м	С	Б	С	Н	Экстремум		Длина ряда л
								максим- мум	миним- мум	
	УІ	0,3	0,3	28	16	25	40-15	59	8	II
			дно	27	21	27	42-13	65	0	9
		0,7	0,3	29	15	28	37-22	59	8	II
			дно	41	22	41	57-31	75	2	9
	УІІ	0,5	0,3	26	16	27	37-12	56	6	10
			дно	31	18	28	42-16	59	15	6
	УІІІ	0,3	0,3	44	31	37	68-18	88	7	I
			дно	56	46	49	70-27	160	11	11
		0,7	0,3	56	43	36	87-25	155	20	10
			дно	52	36	36	77-25	125	13	10
Весеннее половодье										
Вычегда	I	0,5	0,3	11	14	3	28-0	34	0	13
	II	0,7	0,3	13	12	12	25-0	29	0	12
	III	0,5	0,3	4	6	0	7-0	19	0	9
	IV	0,5	0,3	8	10	2	21-0	24	0	13
Северная Двина:	основное русло	0,3	0,3	9	10	11	16-7	33	3	10
			дно	9	10	7	8-4	30	0	7
	дельта	0,7	0,3	10	7	9	14-5	24	0	12
			дно	9	10	7	8-4	30	0	7

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	H	Экстремум		Длина ряда л
								максим- мум	миним- мум	
121			дно	7	4	8	9-4	13	0	7
	II	0,5	0,3	13	11	8	22-5	35	0	12
	III	0,5	0,3	10	5	11	14-7	16	0	9
	IV	0,5	0,3	10	9	8	17-3	28	0	11
	V	0,5	0,3	9	6	8	10-7	24	0	11
			дно	8	5	8	9-6	17	0	7
	VI	0,3	0,3	16	10	14	23-8	35	0	12
			дно	12	8	12	19-6	22	3	7
		0,7	0,3	14	10	13	18-8	35	0	12
			дно	10	8	9	16-5	22	0	7
	VII	0,5	0,3	14	10	12	22-6	31	0	12
			дно	9	7	9	15-2	19	0	8
	VIII	0,3	0,3	11	8	10	14-6	27	0	12
			дно	17	13	18	27-7	34	0	6
		0,7	0,3	12	8	12	18-6	27	0	12
			дно	12	11	13	20-0	27	0	6
Летняя межень										
Вычегда	I	0,5	0,3	7	6	7	9-4	14	0	5
	II	0,7	0,3	28	15	26	31-16	53	15	5
	III	0,5	0,3	10	7	14	14-6	15	0	5
	IV	0,5	0,3	10	16	0	31-0	44	0	11

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
Северная Двина:										
основное русло	III	0,5	0,3	15	12	II	21-8	37	0	8
	IУ	0,3	0,3	23	16	22	37-9	55	0	10
дальта	I	0,3	0,3	14	8	14	21-8	26	0	11
			дно	18	11	19	24-10	38	0	9
		0,7	0,3	14	7	16	20-8	25	3	11
			дно	18	11	18	23-9	38	0	9
	II	0,5	0,3	13	9	12	18-6	30	0	11
	III	0,5	0,3	6	7	5	8-0	21	0	9
	IУ	0,5	0,3	7	7	8	10-0	20	0	11
	У	0,5	0,3	9	10	6	14-2	28	0	11
		дно	11	16	6	17-0	52	0	10	
	УI	0,3	0,3	19	14	14	24-11	45	0	10
		дно	17	16	12	20-10	49	0	9	
		0,7	0,3	22	16	20	38-11	49	0	10
			дно	20	12	22	24-14	43	0	9
	УII	0,5	0,3	14	9	16	20-7	26	0	11
		дно	14	12	7	23-7	31	0	9	
	УIII	0,3	0,3	32	23	29	50-8	67	5	9
		дно	24	14	22	35-12	45	6	8	
		0,7	0,3	37	33	24	51-11	107	6	9
			дно	14	12	10	18-6	39	0	8

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда
								максим- мум	мини- мум	

Осень

Вытегда Дельта Северной Двины 173	I	0,5	0,3	33	12	32	40-30	42	9	6
	II	0,7	0,3	35	13	39	44-21	49	17	5
	III	0,5	0,3	18	19	10	24-7	50	0	5
	I	0,3	0,3	13	11	10	19-8	33	0	11
			дно	14	11	10	21-9	30	0	9
		0,7	0,3	14	10	9	20-8	33	0	11
			дно	12	10	9	17-6	26	0	9
	II	0,5	0,3	13	10	13	19-4	32	0	10
	III	0,5	0,3	11	3	10	13-9	15	6	9
	IV	0,5	0,3	8	6	9	10-2	20	0	11
	V	0,5	0,3	12	7	12	14-8	25	0	11
			дно	12	8	10	18-8	25	0	9
	VI	0,3	0,3	16	15	12	22-7	50	0	11
			дно	13	9	11	16-6	29	1	10
		0,7	0,3	22	36	7	22-6	124	0	11
			дно	13	11	10	18-5	32	0	10
	VII	0,5	0,3	13	10	12	24-6	28	0	10
			дно	18	13	13	25-12	41	0	8
	VIII	0,3	0,3	16	20	9	18-3	66	0	11
			дно	14	11	12	22-9	32	0	9
		0,7	0,3	12	10	9	14-7	30	0	11
			дно	9	6	10	11-6	19	0	9

Статистические характеристики содержания аммонийного азота
в водотоках бассейна Северной Двины, мг/л

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда n		
								максим- мум	миним- мум			
Зимняя межень												
Сухона	I	0,3	0,3	1410	2070	940	1030-560	7500	430	11		
	II	0,5	0,3	700	410	730	1020-450	1500	0	10		
	III	0,5	0,3	370	250	400	620-0	670	0	6		
Вычегда	I	0,5	0,3	140	120	30	240-0	320	0	9		
	II	0,7	0,3	510	300	500	710-280	1090	0	10		
	III	0,5	0,3	300	220	270	410-140	610	0	8		
	IV	0,5	0,3	320	100	230	450-90	510	0	7		
Северная Двина:												
основное русло	I	0,5	0,3	200	130	200	240-0	430	0	9		
	II	0,5	0,3	210	200	220	230-100	500	0	10		
	III	0,5	0,3	110	100	120	120-0	290	0	8		
	IV	0,3	0,3	350	300	290	540-110	1120	0	23		
дельта	I	0,3		188	196	150	260-60	700	0	11		
			дно	116	118	100	170-0	340	0	10		
			0,7	0,3	140	104	150	215-60	340	0	11	
			дно	144	141	120	240-20	380	0	11		
			II	0,5	0,3	191	207	160	255-40	590	0	7
			III	0,5	0,3	102	71	120	150-40	190	0	9

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	Б	С	Н	Экстремум		Длина ряда л
								макси- мум	мини- мум	
175	IV	0,5	0,3	165	176	70	355-30	410	0	8
	У	0,5	0,3	160	79	170	205-115	310	40	11
			дно	183	155	145	310-40	460	0	10
	VI	0,3	0,3	164	122	120	220-110	390	0	9
			дно	170	213	95	220-45	640	0	8
		0,7	0,3	236	278	180	310-70	940	0	10
			дно	249	250	120	370-90	800	0	9
	VII	0,5	0,3	172	147	135	390-100	410	0	9
			дно	88	82	85	160-0	200	0	6
	VIII	0,3	0,3	441	368	385	500-200	1380	80	10
			дно	371	382	260	380-120	1340	90	10
		0,7	0,3	430	443	350	450-170	1540	120	9
			дно	336	172	370	460-250	550	80	9
				Весеннее половодье						
Сухона	I	0,3	0,3	400	220	410	730-210	750	0	14
	II	0,5	0,3	910	600	870	1210-670	2100	0	10
	III	0,5	0,3	590	600	520	1050-220	2030	0	18
Вычегда	I	0,5	0,3	600	210	600	710-440	1110	290	9
	II	0,7	0,3	500	430	410	720-200	1250	0	8
	III	0,5	0,3	630	180	590	700-530	820	200	7
	IV	0,5	0,3	540	200	550	670-500	800	120	7

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	Б	С	Н	Экстремум		Длина реки /з
								максим- мум	миним- мум	
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	590	420	520	780-340	1320	80	6
	II	0,5	0,3	150	220	80	160-50	760	0	10
	III	0,5	0,3	170	60	160	210-120	250	80	7
дельта	IV	0,3	0,3	210	110	230	250-80	420	0	10
	I	0,3	0,3	197	151	190	265-75	550	40	II
			дно	178	83	170	220-140	290	70	5
			0,7	194	187	120	230-90	700	40	II
			дно	228	269	155	190-80	800	70	6
			0,5	114	83	70	175-65	240	0	II
			0,5	159	185	100	170-60	620	0	9
	IV	0,5	0,3	129	71	130	160-70	280	40	10
	V	0,5	0,3	223	323	130	170-85	1180	60	II
			дно	265	265	145	240-130	800	130	6
			0,3	190	221	150	230-70	800	0	II
		0,7	дно	231	260	140	220-100	800	40	7
			0,7	256	326	150	225-60	980	0	II
			дно	243	259	160	235-215	800	40	7
	VI	0,5	0,3	195	291	80	225-45	1000	0	II
			дно	206	358	90	160-15	1000	0	7
	VII	0,3	0,3	236	334	110	360-30	1100	0	10

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								максим- мум	миним- мум	
			дно	90	115	40	80-40	290	0	5
		0,7	0,3	242	343	110	435-20	1100	0	11
			дно	97	114	50	230-0	250	0	6
Летняя межень										
Сухона	I	0,3	0,3	600	500	400	800-100	1700	0	23
	III	0,5	0,3	400	200	400	500-200	1100	100	10
Вычегда	I	0,5	0,3	250	250	200	280-110	820	0	8
	II	0,7	0,3	340	170	300	430-210	650	100	10
	III	0,5	0,3	600	620	430	810-140	1940	90	8
	IV	0,5	0,3	170	240	180	220-110	300	0	8
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	370	280	340	560-220	840	30	9
	II	0,5	0,3	60	50	50	110-20	150	10	9
	III	0,5	0,3	180	190	130	220-50	520	0	8
	IV	0,3	0,3	140	180	160	210-0	1200	0	31
дельта	I	0,3	0,3	154	176	90	180-45	580	0	11
				дно	152	150	145	190-30	440	0
		0,7	0,3	95	114	80	120-10	390	0	11
	дно			173	246	80	170-30	760	0	9
	II	0,5	0,3	115	165	65	80-50	560	0	10

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	С	Б	С	Н	Экстремум		Длина ряда п
								максимум	минимум	
178	III	0,5	0,3	84	73	50	120-50	200	0	9
	IV	0,5	0,3	74	96	50	80-0	300	0	9
	У	0,5	0,3	91	116	50	130-10	360	0	9
	VI	0,3	дно	74	109	40	70-0	340	0	9
			дно	78	53	60	90-50	140	0	9
			дно	47	52	30	80-0	120	0	9
			дно	94	119	40	100-40	400	0	9
	VII	0,5	дно	74	72	65	75-35	240	0	8
			дно	120	174	80	130-30	620	0	II
	VIII	0,5	дно	141	146	130	170-80	490	0	9
			дно	184	107	210	230-90	400	0	9
			дно	144	88	160	210-75	260	0	8
			дно	92	74	100	115-35	240	0	8
				84	75	80	110-60	250	0	9
Осень										
Сухона	I	0,3	0,3	780	510	600	1410-790	320	320	7
	II	0,5	0,3	510	410	520	900-120	1000	20	4
	III	0,5	0,3	630	400	590	900-100	990	10	6
Вычегда	I	0,5	0,3	220	240	160	530-60	640	40	7
	II	0,7	0,3	380	150	360	450-330	650	200	6
	III	0,5	0,3	400	200	400	400-300	650	190	6
	IV	0,5	0,3	180	160	120	270-0	420	0	5

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	Б	С	Н	Экстремум		Длина ряда n			
								макси- мум	мини- мум				
Северная Двина:													
основное русло	П	0,5	0,3	I50	60	I30	I50-I00	270	9	6			
	Ш	0,5	0,3	I40	77	I30	230-50	280	8	4			
	IУ	0,3	0,3	200	77	206	325-75	400	0	4			
дельта	I	0,3		I57	I07	I50	I90-II0	350	0	9			
			дно	I72	I25	I40	I80-90	400	40	9			
				0,7	0,3	I46	II2	I60	I60-60	350	0	9	
			дно	I68	I28	I40	I60-II0	400	20	9			
	П	0,5	0,3		II6	86	90	I45-60	300	40	8		
				Ш	0,5	0,3	I20	I00	90	I30-40	340	30	9
	IУ	0,5	0,3		II7	92	80	I30-80	320	0	9		
				У	0,5	0,5	I50	III	II5	240-50	380	40	10
			дно	I39	I09	I20	I80-60	380	30	9			
	УI	0,3		I97	262	95	210-60	880	20	10			
			дно	I34	I39	85	I50-60	510	40	10			
				0,7	0,3	I56	I05	I20	I90-80	380	40	9	
			дно	I40	I52	80	I20-60	510	40	9			
	УII	0,5	0,3		I37	I00	I20	I40-I00	380	30	9		
				дно	I52	I28	I40	I70-80	380	0	6		
	УШ	0,3	0,3		I83	I35	I50	255-80	480	40	II		
				дно	I48	I6I	90	260-I5	450	0	8		
					0,7	0,3	I73	99	I60	230-I05	480	0	II
				дно	I62	I04	I35	I95-I00	390	50	8		

Статистические характеристики содержания нитратного
азота в водотоках дельты Северной Двины, мкг/л

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	С	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
Земная межень										
Сухона	I	0,3	0,3	200	120	210	280-80	380	20	10
	II	0,5	0,3	130	90	110	210-70	290	20	10
	III	0,5	0,3	50	50	20	90-20	140	10	6
Вычегда	I	0,5	0,3	160	100	140	180-140	190	120	5
	II	0,7	0,3	160	50	170	200-120	210	60	8
	III	0,5	0,3	160		155	200-120	220	110	4
	IV	0,5	0,3	200	200	140	240-70	700	40	8
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	120	130	160	260-70	370	20	10
	II	0,5	0,3	270	70	300	320-220	330	140	8
	III	0,5	0,3	330	50	320	440-220	540	150	9
	IV	0,3	0,3	220	130	250	280-90	440	20	10
дельта	I	0,3		260	110	285	310-150	440	120	10
			дно	246	120	285	340-120	400	60	10
			0,7	254	149	275	350-120	450	40	10
			дно	268	134	305	380-180	430	40	10
	II	0,5	0,3	201	93	180	230-145	380	100	7
	III	0,5	0,3	229	127	200	350-190	390	20	9
	IV	0,5	0,3	236	144	230	350-160	480	10	9

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда л
								максимум	минимум	
ИВТ	У	0,5	0,3	190	122	190	280-125	350	0	II
			дно	211	130	190	280-130	450	20	IO
	УI	0,3	0,3	276	154	270	365-190	520	0	IO
			дно	161	141	240	370-190	370	0	9
		0,7	0,3	275	159	240	365-195	540	0	IO
			дно	263	159	300	340-170	540	0	9
	УII	0,5	0,3	178	156	160	260-55	490	0	II
			дно	205	110	185	270-120	380	70	6
	УIII	0,3	0,3	220	123	220	315-135	380	10	II
			дно	178	122	160	260-100	360	20	IO
		0,7	0,3	286	241	240	340-150	900	10	IO
			дно	222	125	195	355-150	360	20	8
Весеннее половодье										
Сухона	I	0,3	0,3	120	110	100	220-20	310	0	II
	II	0,5	0,3	180	130	160	280-40	490	10	19
	III	0,5	0,3	104	60	98	70-20	220	0	12
Вычегда	II	0,7	0,3	20	40	0	60-0	80	0	6
	III	0,5	0,3	10	12	5	20-0	30	0	4
	IV	0,5	0,3	110	90	100	110-50	300	0	6
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	70	56	70	100-40	160	30	8

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	Б	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макс- мум	мини- мум	
дельта	П	0,5	0,3	80	63	70	70-30	240	20	10
	Ш	0,5	0,3	20	15	20	30-20	40	0	7
	У	0,3	0,3	20	15	10	20-10	90	0	10
	I	0,3	0,3	40	43	20	80-20	120	0	10
			дно	35	37	20	80-10	80	0	6
		0,7	0,3	17	11	20	20-10	30	0	10
			дно	22	25	15	20-10	70	0	6
	П	0,5	0,3	21	13	20	20-10	50	10	11
	Ш	0,5	0,3	106	146	20	200-20	420	10	9
	У	0,5	0,3	17	8	20	20-10	30	0	10
	У	0,5	0,3	16	11	10	20-10	40	0	11
			дно	17	16	10	20-10	50	0	7
	У1	0,3	0,3	15	16	10	20-10	60	0	11
			дно	23	22	15	20-10	60	0	6
		0,7	0,3	16	14	10	20-10	50	0	11
			дно	18	21	10	40-10	50	0	6
	УП	0,5	0,3	13	9	10	20-10	30	0	10
			дно	8	8	10	10-0	20	0	6
	УШ	0,3	0,3	13	14	10	10-10	50	0	10
			дно	18	18	10	10-10	50	10	5
		0,7	0,3	17	13	10	20-10	50	0	11
			дно	20	20	10	20-10	60	10	6

Водоток	№ отвора	Вертикаль	Горизонт, м	С	Б	С	Н	Экстремум		Длина ряда м
								максимум	минимум	
Летняя межень										
Сухона	I	0,3	0,3	30	30	20	30-0	100	0	9
	II	0,5	0,3	210	320	60	210-20	1000	0	10
	III	0,5	0,3	120	160	70	210-10	450	10	11
Вытегда	I	0,5	0,3	8	10	0	20-0	20	0	5
	II	0,7	0,3	50	28	30	60-20	80	0	6
	III	0,5	0,3	10	17	0	20-0	40	0	4
	IV	0,5	0,3	90	100	20	200-0	210	0	5
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	30	30	20	50-0	70	0	10
	II	0,5	0,3	40	66	20	70-10	150	0	9
	III	0,5	0,3	20	11	10	20-10	60	0	8
	IV	0,3	0,3	20	30	20	30-0	100	0	10
дельта	I	0,3	0,3	17	11	20	20-10	30	0	9
			дно	16	10	20	20-10	30	0	9
			0,7	18	19	10	20-10	60	0	9
	II	0,5	0,3	12	7	10	20-10	20	0	9
			дно	12	11	15	20-0	30	0	10
			0,5	11	11	10	20-0	30	0	9
	IV	0,5	0,3	23	28	20	20-0	80	0	9
			0,5	14	12	15	20-0	30	0	10
	V	0,5	0,3							
			0,3							

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	Б	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>		
								макси- мум	мини- мум			
	УІ	0,3	дно	І2	І3	І0	20-0	40	0	І0		
			0,3	23	24	20	20-І0	80	0	9		
			дно	І5	І2	І0	20-І0	40	0	8		
		0,7	0,3	І4	9	І0	20-І0	30	0	9		
			дно	20	І7	20	20-І0	60	0	9		
			0,5	І5	І6	І0	20-5	50	0	ІІ		
	УІІ	0,5	дно	22	30	І5	20-0	І00	0	І0		
			УІІІ	0,3	0,3	27	2І	20	30-І5	70	І0	7
					дно	26	І9	20	30-20	60	0	7
	0,7	0,3			3І	29	20	45-І5	90	0	8	
			дно	20	І8	20	20-І0	60	0	8		
	Осень											
Сухопа	ІІ	0,5	0,3	І20	І00	65	230-І0	350	0	4		
Вычегда	І	0,5	0,3	20	20	І0	40-0	60	0	4		
	ІІ	0,7	0,3	40	37	30	70-І0	І00	0	4		
	ІІІ	0,5	0,3	70	2І0	0	І40-0	280	0	4		
Северная Двина:												
основное русло	ІІ	0,5	0,3	70	30	70	80-30	І20	30	6		
	ІІІ	0,5	0,3	36	35	І20	55-І0	90	0	3		
дельта	І	0,3	0,3	40	35	30	40-20	І20	І0	І0		
			дно	3І	26	20	40-20	90	0	9		

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	H	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								максимум	минимум	
		0,7	0,3	29	19	30	40-10	60	0	10
			дно	29	23	20	30-20	70	0	9
	II	0,5	0,3	26	25	20	40-10	80	0	9
	III	0,5	0,3	22	12	20	30-10	40	10	9
	IV	0,5	0,3	25	21	20	20-10	80	10	10
	V	0,5	0,3	30	28	25	40-10	90	0	10
			дно	19	18	20	20-10	60	0	9
	VI	0,3	0,3	31	26	20	40-20	90	10	10
			дно	28	25	20	40-20	80	0	10
		0,7	0,3	34	32	20	60-10	90	0	9
			дно	28	25	20	40-10	80	0	9
	VII	0,5	0,3	38	26	30	50-20	80	10	9
			дно	29	30	20	30-15	100	0	8
	VIII	0,3	0,3	63	44	50	90-30	150	20	10
			дно	32	22	30	30-20	80	10	9
		0,7	0,3	40	41	20	50-20	140	10	10
			дно	21	22	20	30-0	60	0	9

Статистические характеристики содержания нитритного азота
в водотоках бассейна Северной Двины, мкг/л

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	С	Б	С	Н	Экстремум		Длина ряда n	
								максимум	минимум		
Зимняя межень											
Сухона	I	0,3	0,3	10	15	4	II-0	48	0	13	
	II	0,5	0,3	8	10	5	8-4	37	I	10	
	III	0,5	0,3	10	20	4	4-I	56	0	5	
Вычегда	I	0,5	0,3	2	2	1	2-I	7	0	8	
	II	0,7	0,3	6	5	8	II-0	13	0	11	
	III	0,5	0,3	2	2	2	2-0	12	0	9	
	IV	0,5	0,3	2	4	0	4-0	12	0	8	
Северная Двина:											
основное русло	I	0,5	0,3	2	2	2	2-I	6	0	9	
	II	0,5	0,3	3	1	3	3-2	6	I	10	
	III	0,5	0,3	2	1	2	3-I	4	0	9	
	IV	0,3	0,3	23	55	3	12-2	180	2	10	
дельта	I	0,3		18	35	3,0	6,5-2,0	110	0	12	
			дно	14	33	3,0	7-2	118	I	11	
				10	18	3,0	4-2	50	I	12	
		0,7		10	18	3,0					
			дно	8,7	18	3,5	4,5-1,5	64	0	11	
				8,0	13	2,0	5-I	38	0	9	
	II	0,5	0,3	8,0	13	2,0	5-I	38	0	9	
				2,2	1,2	2,0	3-I	5	0	10	

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	H	Экстремум		Длина ряда n
								максимум	минимум	
181	IУ	0,5	0,3	1,0	0,8	1,0	2-0	2	0	II
	У	0,5	0,3	5,2	5,1	3,0	6-2	18	0	II
			дно	2,8	1,5	2,5	4-2	6	0	IO
	UI	0,3	0,3	5,4	6,0	3,0	5-2	18	I	II
			дно	7,7	15	3,0	3-3	47	I	9
		0,7	0,3	5,1	4,5	4,0	6-2	16	I	II
			дно	9,4	8,2	6,0	17-3	23	2	9
	УП	0,5	0,3	25	45	3,0	12-2,5	124	I	II
			дно	16	16	7,0	30-4	42	3	6
	УШ	0,3	0,3	25	24	23	30-8,5	86	I	II
			дно	58	66	28	108-14	205	I	IO
		0,7	0,3	112	144	26	186-II	398	8	II
			дно	63	91	14	64-10	275	2	9
Весеннее половодье										
Сухона	I	0,3	0,3	18,0	30,0	3,0	21-2	121	0	16
	II	0,5	0,3	9,0	22,0	5,0	9-I	111	0	23
	III	0,5	0,3	6,0	5,0	6,0	11-0	17	0	13
Вычегда	I	0,5	0,3	1,0	2,0	0,0	1-0	3	0	8
	II	0,7	0,3	2,0	3,0	0,0	3-0	8	0	7
	III	0,5	0,3	1,0	1,0	1,0	1-0	2	0	4
	IУ	0,5	0,3	15,0	28,0	0	5-0	68	0	5

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	H	Экстремум		Длина ряда n
								максимум	минимум	
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,7	1,0	2,0	0,0	0-0	7	0	9
	II	0,5	0,3	1,0	2,0	1,0	2-0	4	0	10
	III	0,5	0,3	2,3	9,0	0	1-0	10	0	7
	IV	0,3	0,3	1,0	1,0	1,0	2-0	2	0	10
дельта	I	0,3	0,3	1,3	1,1	1,0	2,0-0,5	3	0	12
			дно	1,1	1,1	1,0	1,5-0,5	3	0	7
		0,7	0,3	1,1	0,9	1,0	1,5-0,5	3	0	12
			дно	1,6	1,1	1,0	2,5-1,0	3	0	7
	II	0,5	0,3	1,3	1,0	1,5	2,0-0,5	3	0	12
	III	0,5	0,3	1,6	1,6	1,0	2-1	5	0	9
	IV	0,5	0,3	1,0	0,8	1,0	1,5-0,5	2	0	11
	V	0,5	0,3	0,8	0,7	1,0	1-0	2	0	12
		дно	0,8	0,7	1,0	1-0	2	0	9	
	VI	0,3	0,3	1,0	0,8	1,0	2-0	2	0	12
		дно	0,6	0,6	1,0	1-1	2	0	6	
		0,7	0,3	0,7	0,8	0,5	1-0	2	0	12
			дно	0,6	0,5	1,0	1-0	1	0	6
	VII	0,5	0,3	1,2	1,1	1,0	2-0	3	0	12
			дно	0,8	1,2	0	1,5-0,0	3	0	8
	VIII	0,3	0,3	2,1	3,0	1,0	2,5-0,0	10	0	12
		дно	0,7	0,8	0,5	1-0	2	0	6	

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	\bar{c}	с	\hat{c}	H	Экстремум		Длина ряда л
								максимум	минимум	
		0,7	0,3	1,1	0,9	1,0	1,5-0,5	3	0	12
			дно	1,7	3,1	0,5	1-0	3	0	6
Летняя межень										
Сухона	I	0,3	0,3	2,0	3,0	0,0	1-0	9	0	14
	II	0,5	0,3	6,0	20	6,0	1-0	16	0	11
	III	0,5	0,3	7,0	17	1,0	3-0	46	0	12
Вычегда	I	0,5	0,3	2,0	2,0	0	1-0	5	0	6
	II	0,7	0,3	13,0	20	1,0	20-0	60	0	6
	III	0,5	0,3	2,0	3,0	1,0	19-0	26	0	5
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	1,0	1,0	1,0	1-0	3	0	10
	II	0,5	0,3	1,0	2,0	1,0	2-0	3	0	9
	III	0,5	0,3	1,0	1,0	0	2-0	3	0	8
	IV	0,5	0,3	2,0	2,0	2,0	3-0	8	0	10
дельта	I	0,3	0,3	1,3	1,7	1,0	1,5-0	6	0	11
			дно	0,9	1,2	0	2-0	3	0	9
		0,7	0,3	0,8	0,9	1,0	1-0	3	0	11
			дно	1,1	1,3	1,0	2-0	3	0	9
	II	0,5	0,3	5,3	1,4	1,0	2-0	48	0	11
	III	0,5	0,3	0,7	0,9	1,0	1-0	2	0	9
	IV	0,5	0,3	0,7	0,9	1,0	1-0	3	0	11

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
ОБГ	У	0,5	0,3	0,6	0,9	0	1-0	2	0	II
			дно	0,5	0,9	0	1-0	3	0	II
	УІ	0,3	0,3	1,1	1,8	0,5	1-0	43	0	10
			дно	0,9	2,0	0	1-0	6	0	9
		0,7	1,3	1,2	1,8	1,0	1-0	6	0	10
			дно	3,1	6,9	0	1-0	21	0	9
	УІІ	0,5	0,3	2,5	5,9	1,0	1,5-0,0	21	0	12
			дно	4,4	6,8	1,0	6-0	21	0	11
	УІІІ	0,3	0,3	3,2	2,2	2,5	5-1	7	1	10
			дно	2,9	2,4	2,0	4-1	7	0	9
		0,7	0,3	3,8	2,7	3,5	6-1	8	0	10
			дно	1,9	1,9	1,0	2-1	5	0	9
Осень										
Сухона	I	0,3	0,3	6,0	1,0	1,0	3-0	4	0	8
	II	0,5	0,3	4,0	7,0	1,0	2-0	17	0	5
	III	0,5	0,3	1,0	1,0	0	1-0	2	0	6
Вычегда	I	0,5	0,3	2,0	2,0	0	2-0	6	0	8
	II	0,7	0,3	6,0	6,0	3,0	10-1,5	18	0	11
Северная Двина: основное русло	II	0,5	0,3	2,0	2,0	3,0	3-0	3,0	0	6

Водоток	№ створа	Вертикаль	Горизонт, м	\bar{c}	\bar{b}	\hat{c}	Н	Экстремум		Длина ряда м
								максимум	минимум	
161	дельта I	0,3	0,3	1,4	1,7	1,0	3-0	5	0	12
			дно	1,9	2,0	1,0	2-1	6	0	9
		0,7	0,3	1,2	1,5	1,0	2-0	5	0	12
			дно	1,2	1,2	1,0	1-1	4	0	9
	II	0,5	0,3	0,8	1,0	1,0	1-0	3	0	11
	III	0,5	0,3	1,0	1,3	1,0	1-0	4	0	9
	IV	0,5	0,3	0,5	0,7	0	1-0	2	0	12
	У	0,5	0,3	0,8	1,0	0,5	1-0	3	0	12
			дно	1,3	1,2	1,0	2-0,5	4	0	11
		0,3	0,3	0,8	1,0	0,5	1,5-0,0	3	0	12
			дно	1,0	1,0	1,0	1,5-0,0	3	0	11
	UI	0,7	0,3	1,0	1,8	0	1-0	6	0	11
			дно	1,2	1,8	1,0	1-0	6	0	10
		0,5	0,3	1,3	1,2	1,0	2-0	3	0	13
			дно	1,8	1,5	2,0	3,0-0,5	4	0	11
	UШ	0,3	0,3	2,8	2,9	2,0	3-1	8	0	13
			дно	3,5	5,5	1,5	5-0	18	0	10
		0,7	0,3	2,1	1,6	2,0	2-1	5	0	13
			дно	2,6	4,1	1,5	2-0	13	0	10

Средние и характерные расходы воды Северной Двины

Выводная характеристика за период наблюдений	Средне-годовой расход воды, м ³ /с	Средне-годовой модуль стока л/(с·км ²)	Годовой слой стока, мм	Годовой объем стока, км ³	Характерный расход воды					
					Наибольший		Наименьший			
					м ³ /с	дата	зимний		период открытого русла	
							м ³ /с	дата	м ³ /с	дата
д.Абрамково, F = 220 000 км ² , 1877-1980 гг.										
Средний	1930	8,76	276	62,2	12 000		381		858	
Наибольший	2850	13,0	408	89,8	19 700	13.05.1881	603	10.03.29	1660	10.08.1895
Наименьший	1080	4,91	155	34,1	4 600	01.05.37	205	11,12.11.72	65,0	05-07.10.1880
д.Звоз, F = 285 000 км ² , 1939-1980 гг.										
Средний	2580	9,04	285	81,4	15 500	-	484	-	1040	-
Наибольший	3700	13,0	409	117	24 600	12-15.05.57	677	04.04.53	1730	13,14.08.78
Наименьший	1730	6,07	191	54,6	9 150	26.04.67	305	19.04.41	697	21-23.08.75
с.Усть-Пинега, F = 348 000 км ² , 1881-1980 гг.										
Средний	3320	9,54	301	105	21 600		671	-	1460	
Наибольший	5250	15,1	475	165	36 200	28.04.53	1140	20.02.1889 29.02.24	2720	13.09.1888
Наименьший	1780	5,11	161	56,1	11 100	30.04.37	319	30.01-28.02 1886	289	11.12.08.1886

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абузьяров З.К., Шамраев Ю.И. Морские гидрологические информации и прогнозы. - Л.: Гидрометеоздат, 1974, о. 90-95.
2. А лек и н О.А. Основы гидрохимии. - Л.: Гидрометеоздат, 1970. - 444 о.
3. Б р е о л а в Е. и др. Снежный покров - источник загрязнения поверхностных вод - В кн.: Проблемы фонового мониторинга состояния природной среды. Вып. 4. Л., 1986, о. 75-79.
4. В о з н е с е н о к и й Г.Ф. Методы математического моделирования загрязнения речной воды. - Труды ИИГ, 1979, вып. 31, о. 51-70.
5. В о п р о с ы исследования и прогнозирования загрязненности рек. - Гидрохимические материалы, 1977, т. XVII, о. 52-63.
6. В р е м е н н ы е методические рекомендации по оперативному прогнозированию загрязненности рек. - Л.: Гидрометеоздат, 1981. - 103 о.
7. Г и д р о л о г и я устьевой области Северной Двины. - М.: Гидрометеоздат, 1965. - 376 о.
8. Г р и н Н.М. Применение статистических методов в задачах контроля загрязнения воды - В кн.: Математические модели контроля загрязнения воды. М., 1981, о. 88-104.
9. Д р а г а н Я.П., Р о ж к о в В.А., Я в о р о к и й И.Н. Применение методов теории периодически коррелированных случайных процессов для вероятностного анализа океанологических временных рядов - В кн.: Вероятностный анализ и моделирование океанологических процессов. Л., 1984, о. 4-23.
10. Е р ш о в А.А. Стабильные методы оценки параметров. - Автоматика и телемеханика, 1978, № 8, о. 66-100.
11. Л у п а ч е в Ю.В., М а к а р о в а Т.А. Проникновение морских вод в рукава дельты Северной Двины и его возможные изменения. - Труды ГОИН, 1984, вып. 172, о. 117-125.
12. М а к о и м о в а М.П. Воздействие техногенного геохимического давления на внутриматериковые моря. - Водные ресурсы, 1986, № 5, о. 159-164.
13. М а л ь ц е в С.В., Б а й д и н С.С. О многолетних колебаниях стока рек Европейской территории СССР. - Труды ГОИН, 1982, вып. 161, о. 31-41.
14. М а т в е е в А.А. Атмосферные осадки и сток растворимых веществ. - Гидрохимические материалы, 1967, т. 45, о. 5-21.
15. М е т о д и ч е с к и е основы оценки антропогенного влияния на качество поверхностных вод. - Л.: Гидрометеоздат, 1981. - 96 о.

16. М е т о д и ч е с к и е указания по химическому анализу распределенных вод морских устьевых областей рек и эпиконтинентальных морей. - М.: Гидрометеоздат, 1984. - 84 с.
17. М н о г о л е т н и е данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том I: РСФСР, вып. 8. - Л.: Гидрометеоздат, 1986. - 394 с.
18. М о с т е л л е р Ф., Т ь ю к и Дж. Анализ данных и регрессия. - М.: Финансы и статистика, 1982, вып. I, с. 319.
19. П а в л ю ч у к Ю.П., К у з н е ц о в В.С., К а п л я н В.Т. Некоторые особенности кислородного режима дельты Северной Двины - Гидрохимические материалы, 1979, т. XXV, с. 35-42.
20. Р у к о в о д т в о по методам химического анализа морских вод. - Л.: Гидрометеоздат, 1977. - 208 с.
21. Р у к о в о д т в о по химическому анализу поверхностных вод суши. - Л.: Гидрометеоздат, 1977. - с. 275, 288.
22. С п р а в о ч н и к по водным ресурсам СССР. Том II. Северный край. - Л.: Гидрометеоздат, 1934. - 636 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Описание использованных материалов и методов химического анализа.....	5
2. Методика обработки материалов наблюдений за химическим составом вод.....	10
3. Гидрологическая характеристика.....	14
3.1. Река Сухона.....	14
3.2. Река Вычегда.....	21
3.3. Река Северная Двина.....	28
4. Гидрохимическая характеристика.....	36
4.1. Река Сухона.....	36
4.2. Река Вычегда.....	42
4.3. Река Северная Двина (основное русло).....	48
4.4. Дельта р.Северной Двины.....	54
5. Исследование самоочищающей способности р.Вычегды(устьевого участка) и р.Северной Двины.....	77
Заключение.....	82
Приложения.....	83
Список литературы.....	193