

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

КР III 1226317

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 химического и газового состава, величин pH , HK_5 , ХЛК 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, базирующимся 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 основномносит 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 также водоемах предприятий целлюлозно-бумажной промышленности. Важное 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 предоставить 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. Расчетанные 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 огрупированы 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.

I. 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. Основной материал наблюдений охватывает результаты химического анализа проб воды, отобранных на одной вертикали с поверхностного горизонта. Однако в ряде отворов 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 отворах - 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), весенне-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 буры и потенциометрическим методом. Сульфаты определялись весовым и титриметрическим методом с солью овина в присутствии дитизона. Хлориды анализировались аргентометрическим методом. Кальций определялся титриметрическим методом с комплексоном 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 потенциометрическим методами с использованием различного рода pH-метров. Кишлород 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
			вер-ти-ка-лей	го-ри-зон-тов			
Сухона	Гидрологический пост (г/п) Расаньга	I 3	I	До 1982 г. 7 раз в год, с 1982 г. ежемесячно	1877-1936, 1943-88		
	г/п Тотьма	II	I	I 7 раз в год	1963-69 1974-85		
Вычегда	г/п Каликино	III	I	I "	1975-83		
	г/п Малая Кужба	I	I	I "	1973-75 1977-85		Закрыт в 1984 г. БПК ₅ с 1984 г.
	д.Пычим	II	3	I "	1970-85		
	г/п Межог	III	I	I "	1975-85		
Северная Двина	с.Лименда	IV	I	I 4 раза в год	1975-85		
	г/п Котлас	I	I	I 7 раз в год	1975-85		Ведомственный створ (СЭС, Севрыбвод)
	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		Закрыт в 1985 г.

Продолжение таблицы I.I

Водоток	Местонахождение отверса	Номер поста, соответствующий номеру в таблицах приложений	Число		Внутригодовая периодичность отбора проб	Период наблюдений	Примечание
			верти-ка-лей	го-ри-зон-тов			
	Железнодорожный мост (г.Архангельск)	IV	2	I	С 1977 г. ежедекадно, до 1977 г. 4-5 раз в год	1967-85	
Дельта Северной Двины							
Никольский рукав	с.Рикаонха	I	2	2	Ежемесячно в 1984-1985 гг., 4-5 раз в год в 1967-1983 гг.	1967-85	Биогенные вещества и ХПК с 1974 г.
Мурманский рукав	с.Красное	II	I	I	4-5 раз в год	1967-85	То же
Корабельный рукав	г/п Соломбала	III	I	I	4-6 раз в год	1962-85	То же За 1970-1972, 1975-1976 гг. наблюдения отсутствуют
	п.Конвейер	IV	I	I	4-5 раз в год	1967-85	Биогенные вещества и ХПК с 1974 г.
Протока Маймакса	3 км ниже гидролизного завода	У	I	2	4 раза	1967-85	То же

Окончание таблицы I.I

Водоток	Местонахождение створа	Номер поста, соответствующий номеру в таблицах приложений	Число		Внутригодовая периодичность отбора проб	Период наблюдений	Примечание
			вер-ти-ка-лей	го-ри-зо-нто-в			
Протока Кузнецкого	порт Экономия в 3 км ниже устья р.Юрас	УI	I	2	То же	1967-85	То же
		УII	I	2	Ежемесячно в 1982-1985 гг.	1967-85	"
∞	29-й лесозавод (4 км ниже выпуска сточных вод с очистных сооружений Соломбальского ЦБК)	УIII	2	2	4-5 раз в год в 1967-1981 гг.	1967-85 1982-1985 гг.	Биогенные вещества с 1974 г.
					4-5 раз в год в 1967-1981 гг.		

Биохимическое потребление кислорода (за 5 сут) определялось скляночным 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 гетерополикислоты или синей окраски кремнемолибденового комплекса, получающегося при ее восстановления. Фосфатный фосфор определялся фотометрическим методом путем восстановления фосфорно-молибденовой гетерополикислоты аскорбиновой кислотой с минимально определяемой концентрацией 5 мкг/л, общий фосфор – методом сожжения 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 реагентом 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 аргентометрическим 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 предполагается целесообразным использовать методы теории периодических 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 среднеквадратического 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 несмещанными 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 рабочие 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 аномабля $C(t+kT)$.

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

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

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 $C(t+kT)$ от \bar{C} в виде полос более менее равной ширины целесообразно применять стандартные статистики. При наличии во временном ряду выбросов и отсутствии симметрии в распределении остатков $[C(t+kT) - \bar{C}]$ лучше использовать рабочие оценки.

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

Таким путем по всем рассматриваемым в настоящей работе створам стационарных наблюдений были получены статистики гидрохимических параметров, которые предавлены 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

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

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 линеаризацию с помощью элементарных функций. Данная процедура достаточно подробно описана в работе [6]. Следует отметить, что МНК будет оптимальен лишь в случае, если ϵ не смещен, имеет постоянную диoperцию, 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 линеаризации предпочтительно применять логарифмирование по 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_{Ct}/σ_{ϵ}	Категория качества
< 15	$\geq 0,91$	$\leq 0,40$	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_{ϵ} - среднеквадратическое отклонение C , а s_{Ct} - среднеквадратическое отклонение расчетов ($s_{Ct} = \sigma_{\epsilon} \sqrt{1-r^2}$). Величину ϵ при ее нормальном распределении можно оценить с помощью среднеквадратического отклонения расчетов с доверительной вероятностью 95% по формуле

$$s_{C(95)} = \sigma_{\epsilon} t_{st} \sqrt{1-r^2}, \quad (2.7)$$

где t_{st} - 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 отока 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 $50\ 300\ km^2$, из них на долю водосбора озера приходится $14\ 700\ km^2$, что составляет 29,2%.

Водосбор реки вытянут в широтном направлении с запада на восток, расположен в пределах $58^{\circ}35'$ - $60^{\circ}50'$ с.ш. и $38^{\circ}45'$ - $50^{\circ}12'$ в.д. и имеет относительно симметричную форму (рис. 3.1). Левобережная часть водосбора составляет 60%, правобережная - 40%. На круговой 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 общой 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 $0,45\ km/km^2$. 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 среднеколмистый, в средней - слабоволнистый или равнинный, в нижней - среднеколмистый 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 заросленность 60-85%, заболоченность 5-7%, озерность 1-3%.

Коренные берега Сухоны сложены глиной, суглинком, песчаниками, местами переоливывающимися с известняками. На Верхней Сухоне берега низкие (5-7 м над меженным уровнем), ниже впадения р. Движицы высота

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

Дно реки сложено плотными неразмывающимися грунтами: глиной с камнем, мергелем. Встречаются галька и гравий с валунами и лишь в устьевом участке—песок с галькой. Местами дно скалистое. На реке много порогов и перекатов: Торопилов 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 каменистое 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-IX)	Осень (X-XII)
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.

Весенне 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.

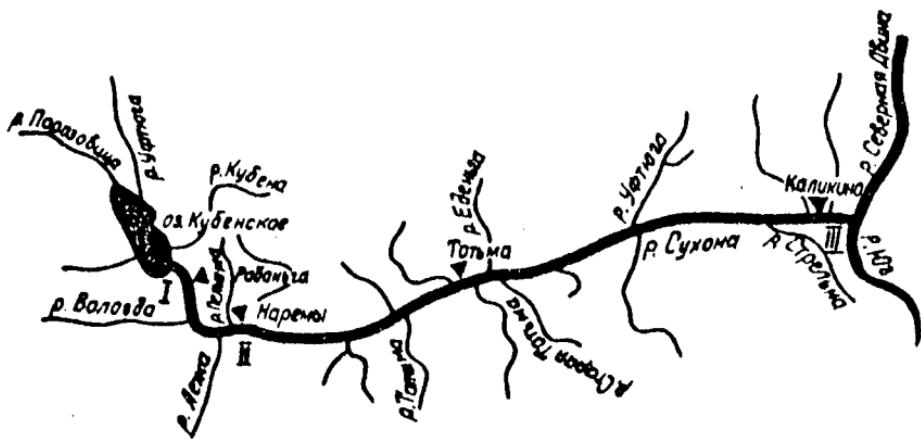


Рис. 3.1. Схема р. Сухоны.

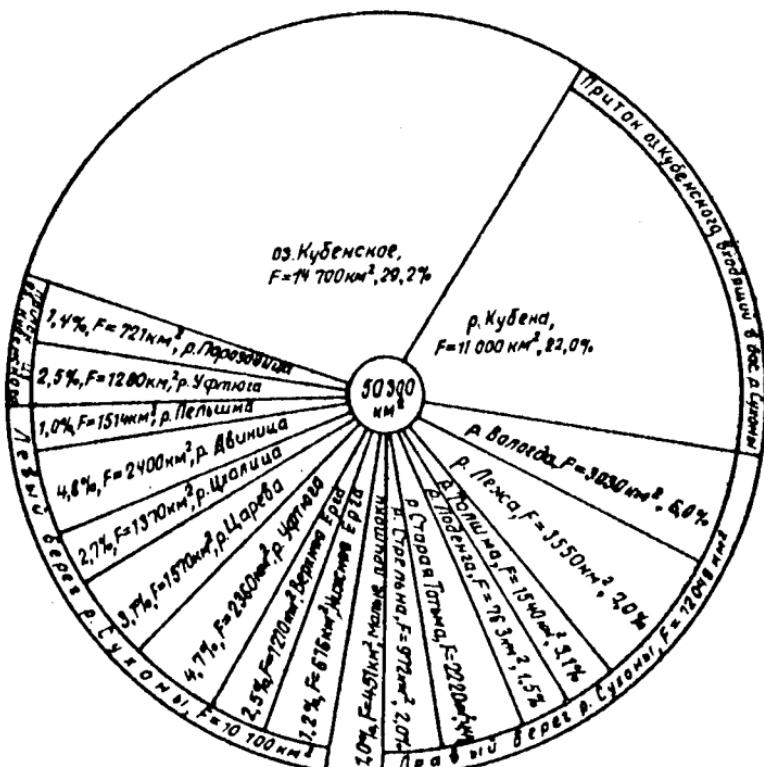


Рис. 3.2. Круговой график бассейна р. Сухоны.

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 (Тотьма) и 983 см в нижнем течении (Каликино).

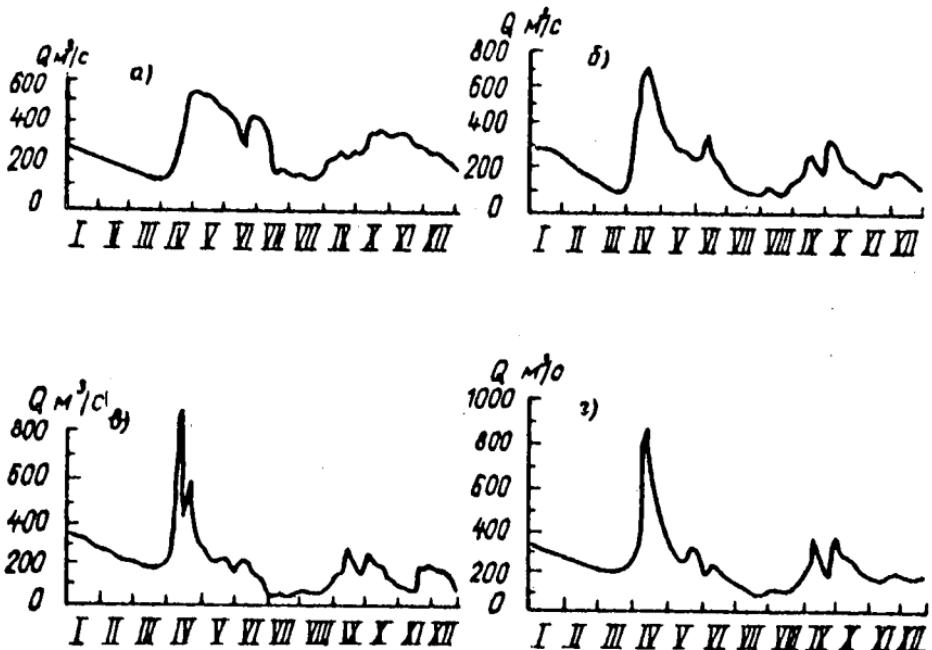


Рис. 3.3. Графики колебания расходов воды по длине р. Сухоны за 1953 г. по постам Рабаньга (а) – верховья, Тотьма (б) – среднее течение, Порог (в) и Великий Устюг (г) – низовья".

Среднегодовая амплитуда колебаний уровня составляет у постов Наремы 418 см, Тотьмы – 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 водообора, 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 оглажена 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 Устья через II сут после открытия плотины. Попуски воды увеличиваются от $80 \text{ м}^3/\text{с}$ в мае до $170 \text{ м}^3/\text{с}$ 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 весенне-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 водооборе и ускоряющие процесс таяния снега; испарение.

Макроименные 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 макроименных расходов воды за период наблюдений отмечены в 1881, 1957, 1961 гг. и составляют соответственно $925 \text{ м}^3/\text{с}$ по посту Рабаньга, $2850 \text{ м}^3/\text{с}$ по посту Тотьма и $6520 \text{ м}^3/\text{с}$ по посту Каликино. Средний многолетний модуль макроименного стока Сухоны составляет $14,9 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$.

Среднегодовой расход в верхнем течении Сухоны по посту Рабаньга $142 \text{ м}^3/\text{с}$, что соответствует годовому овою стока 288 мм или среднегодовому модулю отока $9,2 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$. В среднем течении у поста Камчуга расход равен $361 \text{ м}^3/\text{с}$, а в нижнем у поста Каликино он составляет $443 \text{ м}^3/\text{с}$, что соответствует овою отока 276 мм и модулю $8,81 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$.

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 $0,50-0,80 \text{ м}/\text{с}$, в среднем - $0,60-1,40 \text{ м}/\text{с}$, в нижнем - $0,60-1,40 \text{ м}/\text{с}$.

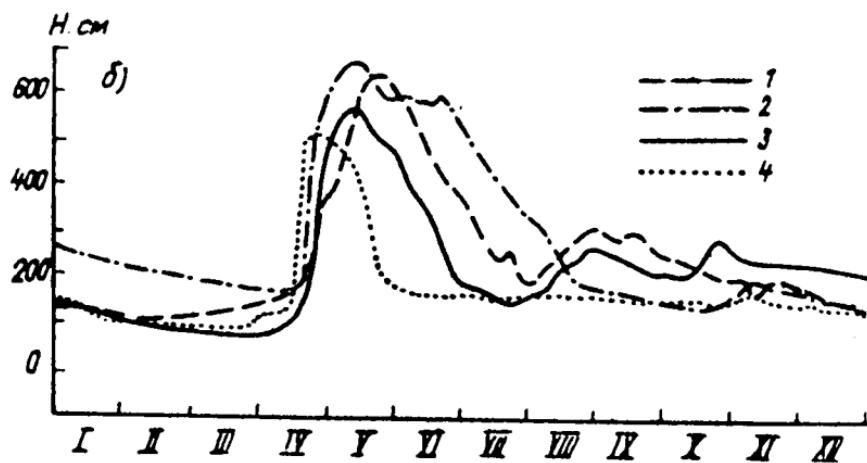
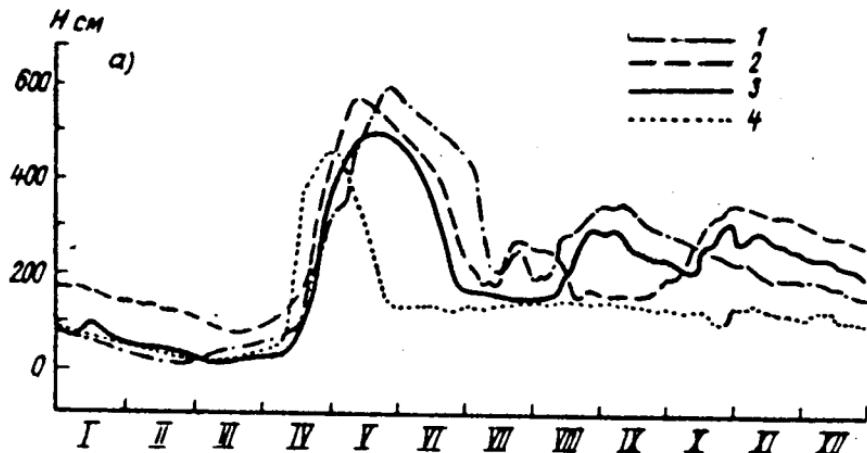


Рис. 3.4. Ход уровней воды р. Сухоны за характерные годы по постам Рабаньга (а) и Наремы (б).

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-

шивается в I-й декаде октября. Наиболее раннее наступление летней межени отмечено у поста Тотьма - 4 июля 1963 г. Наиболее глубокая межень обычно бывает в августе. Устойчивость и водность межени зависят от суммы осадков, времени их выпадения и от подземного питания, которое 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 слой стока летней межени по посту Каликино $31,4 \text{ мм}$, посту Тотьма - $31,8 \text{ мм}$ и равен соответственно $10,4$ и $10,3\%$ годового слоя стока. Скорость течений в межень в верховьях Сухоны $0,20-0,50 \text{ м/с}$, в среднем течении реки - $0,35-0,70 \text{ м/с}$, в нижнем - $0,5-1,0 \text{ м/с}$.

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 слоя стока дождевые паводки меньше снеговых (весенних). Так, например, максимальный снеговой расход воды по посту Тотьма 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 слоя 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 Тотьма $47,1 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$, 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 отохода 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 пооту Рабаньга отмечен в ноябре 1920 г. – 7 м³/с; по пооту 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 окрестностей 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.

Водооборот 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 одинаковые – 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 Вычегда 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 км/км², на наиболее заболоченных участках водосбора он составляет 0,3-0,4 км/км².

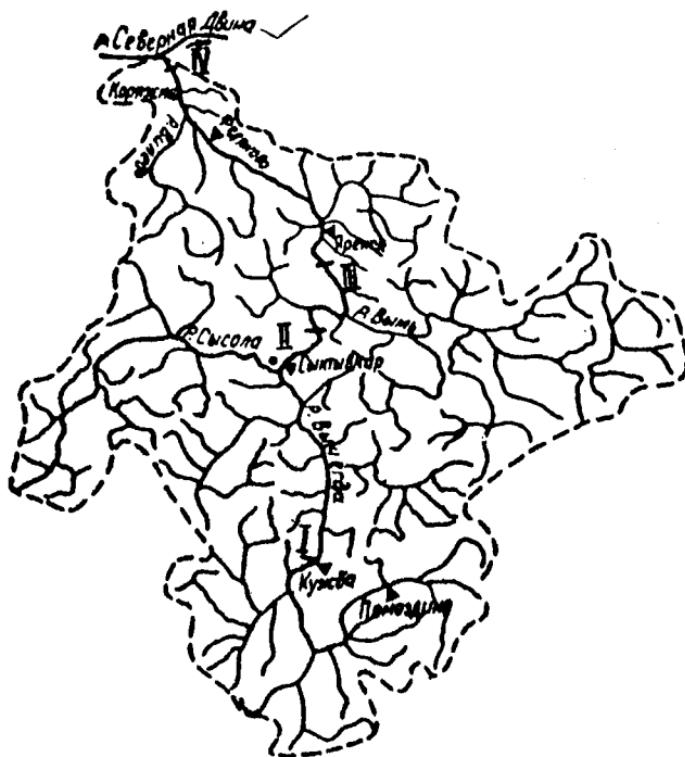


Рис. 3.5. Схема бассейна р. Вычегды.
I-IV - створы гидрохимических наблюдений.

Коэффициент извилистооти сильно изменчив 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 кряжа — 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 Вичегды преимущественно супесчаные и суглинистые, но на участке от 297-го километра до устья сложены легко размываемыми песчаными грунтами с прослойками супесей, изредка каменистые.

Берега Вычегды умеренно крутые и крутые, в вершине излучин обрывистые (их высота над меженным уровнем 3-7 м, в местах, где река подымает корениной берег, она может достигать 15-24 м). Дно реки преимущественно песчаное, редко песчано-каменистое, каменистое дно встречается на 559-м, 595-м и 656-м километре до устья.

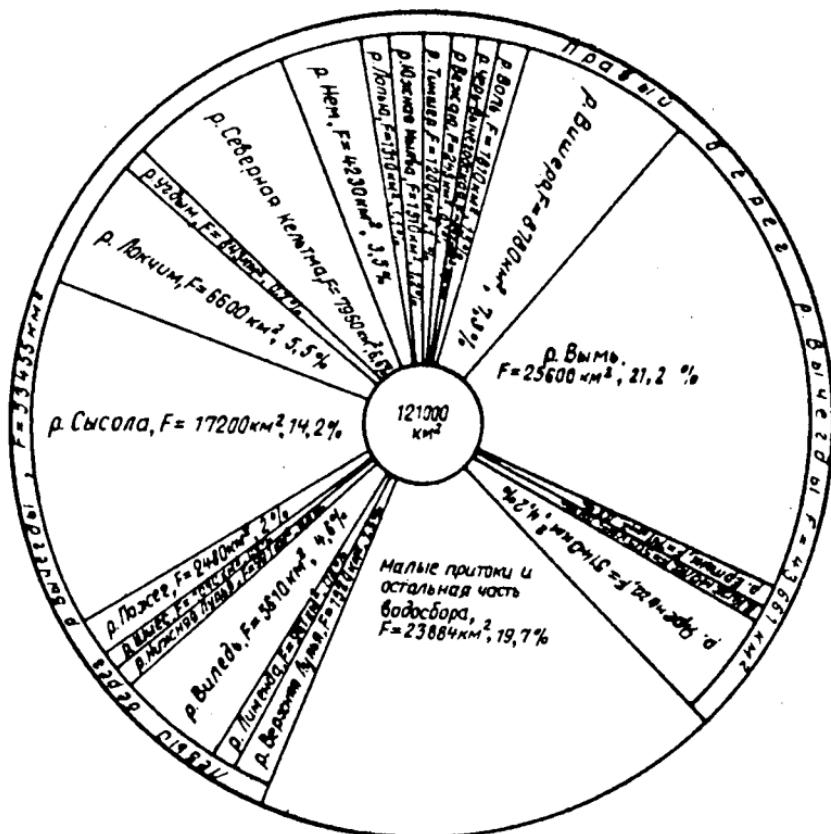


Рис. 3.6. Круговой график бассейна р. Вычегды.

На реке множество больших и малых островов (≈ 150), сложенных в основном песками. Наиболее крупные острова имеют длину 150–250 м, ширину 40–70 м, высоту 1,5–2,5 м. Такие острова, как Сторожевский (540-й километр), Мадженские (465-й километр) и ряд других, имеют высоту до 7 м над меженным уровнем. На реке много порогов и перекатов. Наиболее порожистый участок – от 469-го километра до устья. Пороги и перекаты имеют, как правило, песчаное ложе. Неустойчивые перекаты, такие, как средний и нижний Валжурский, Колявинский и ряд других, вызывают частые изменения фарватера. Нормирующие глубины на порогах и перекатах 0,3–0,6 м.

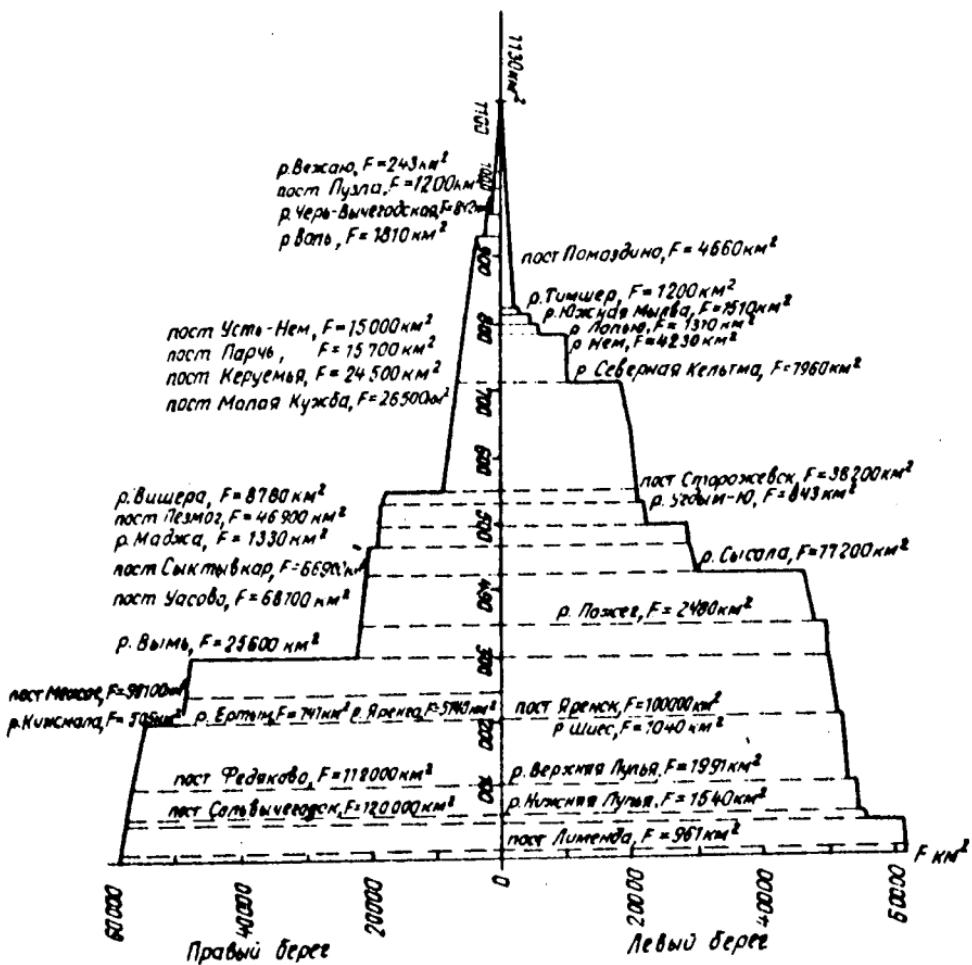


Рис. 3.7. График нарастания площади бассейна р. Вычегды.

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.Вымь 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 обусловливают 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 растянутого 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, отток плавно снижается до 1,7–2,1% в марте, что связано с истощением грунтовых вод и отсутствием оттепелей.

Норма годового модуля оттока по длине реки колеблется от 8,77 до 10,3 л/($\text{с}\cdot\text{км}^2$). В верховьях реки у с.Помоздина модуль оттока наиболее высокий – 10,3 л/($\text{с}\cdot\text{км}^2$), в среднем течении у г.Сыктывкара он составляет 8,89 л/($\text{с}\cdot\text{км}^2$), в нижнем – 8,85 л/($\text{с}\cdot\text{км}^2$).

Изменчивость годового оттока по годам относительно невелика и характеризуется коэффициентом вариации 0,16–0,21. Отношение наибольшего наблюденного модуля годового оттока 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 меженю и продолжительной устойчивой зимней (рис. 3.8).

Весенне-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 весенне-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-

готаянием 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. Раочленение обусловливается прерывистым характером снеготаяния или выпадением сильных дождей в конце схода снежного

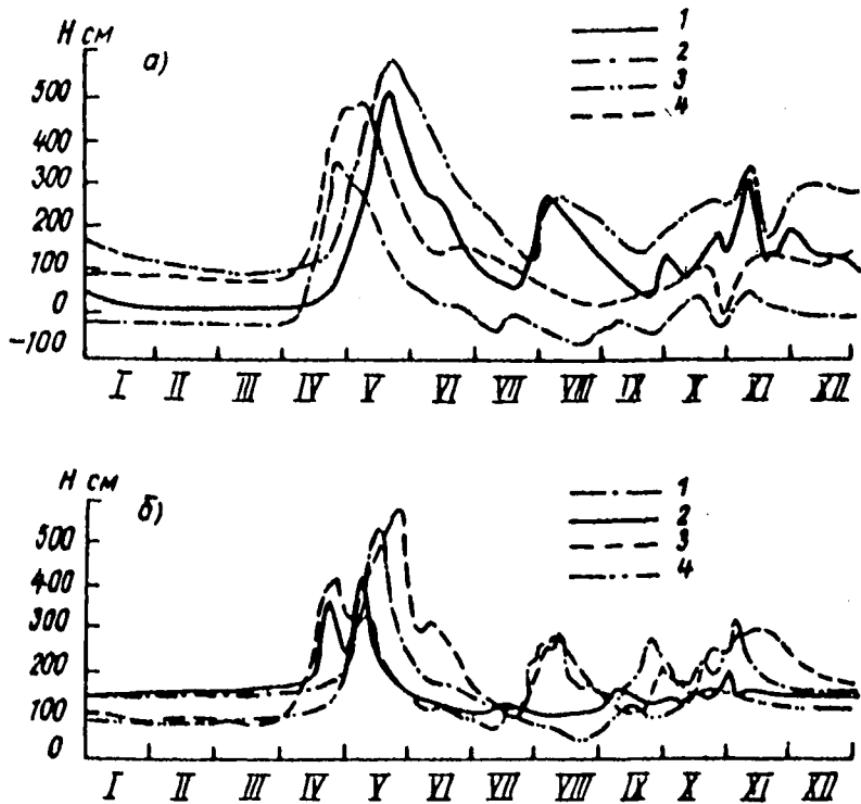


Рис. 3.8. Ход уровней воды в Внчегды за характерные годы по постам: а) Сыктывкар (1,2), Федяково (3,4); б) Помоздино (1,2), Малая Кужба (3,4).
1,3 - многоводный 1965 г.; 2,4 - маловодный 1975 г.

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. Федяково. 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 слой 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 снегозапас (интенсивность снеготаяния, условия отекания 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. Однотиповые 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 слоя 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 о повышенной увлажненностью почвогрунтов после весеннего половодья или после серии дождей осенью.

Средний многолетний модуль стока в верховьях реки у с. Помоздина составляет 27,5 л/(с·км²), у с. 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 с. 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 с. 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 $4,0-4,8 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$. 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 $3,5-4,5 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$.

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 $3,7 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$. 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 Вячегды характеризуется непродолжительными осенними ледовыми явлениями, устойчивым и длительным ледоставом и весенним ледоходом. Первые ледовые образования появляются в верховьях реки в 1-й декаде, а в среднем и нижнем течении - во 2-й декаде октября. Ледовый покров устанавливается в среднем до г. Сыктывкара в 1-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 сроки 12-17 апреля, поздние - 10-17 мая.

Для всей амплитуды уровней от межениных до максимальных весеннего паводка средние окорости течения увеличиваются от 0,2-0,4 до 1,3-1,5 м/с, а максимальные окорости - 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 Ига, течет в северо-западном направлении и впадает в Двинскую 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. Воего 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 градациям 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.

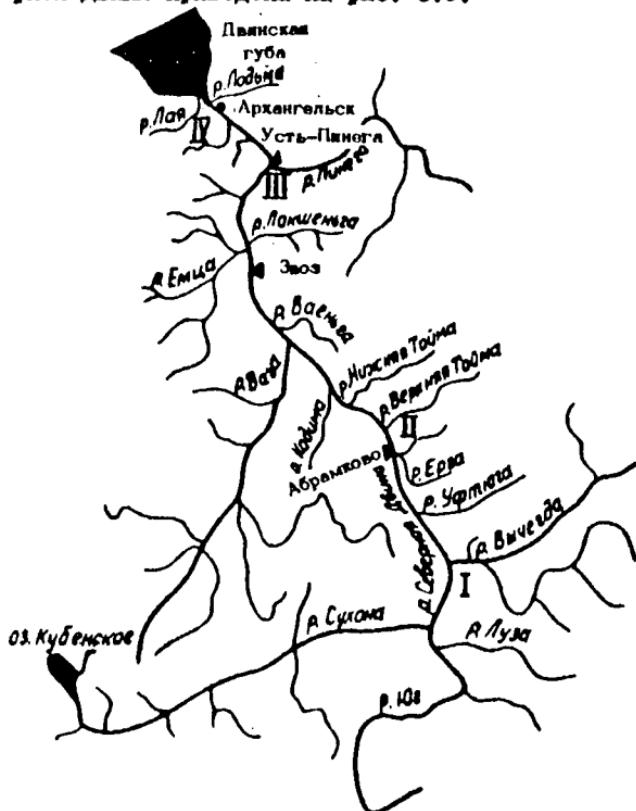


Рис. 3.9. Схема бассейна р. Северной Двины.

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 Б.С. 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 водообора 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. Коренище, правобережье, берега крутое, 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 суглинков, 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 многорукавное. Расположено русло ближе к коренному берегу. Преобладающая ширина его в межень 200–800 м, в районах устьев рек Вычегды, Ваги и Пинеги ширина руала достигает 1200 м. Наибольшая ширина русла 2500 м в районе с. 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 острогой участок – в 18–77 км от устья реки.

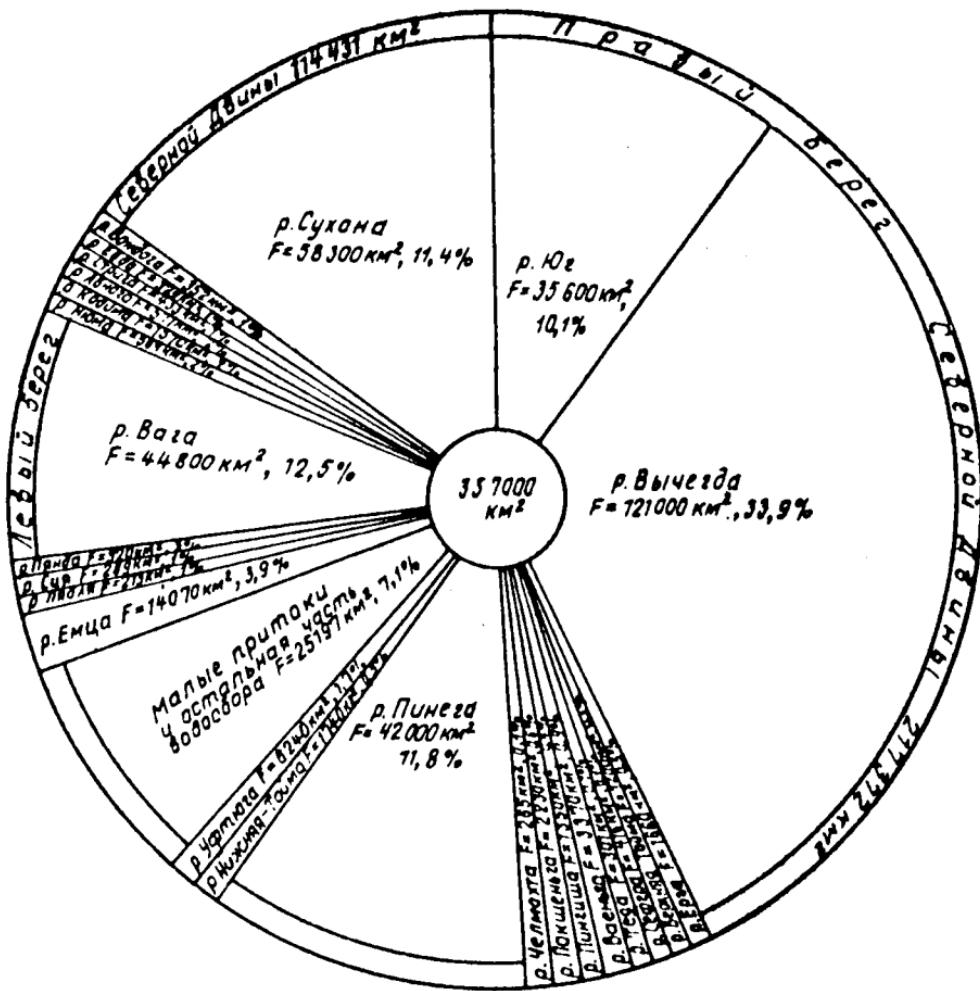


Рис. 3.10. Круговой график бассейна р. Северной Двины.

Питание, водный режим

Северная Двина — река смещенного 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. Среднегодовой модуль стока за многолетний период наблюдений по постам Северной Двины составляет $8,5-9,5 \text{ л}/(\text{с.км}^2)$. В период весеннего по-

ловодья 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%.

Весенне-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.II). 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 о 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 вычегодской волне половодья, т.е. в период открытого русла. Наивысшие уровни весеннего ледохода за 1880-1980 гг. отмечены по постам Абрамково и Звоз 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 о неразветвленном 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) на-кладываются один-два дождевых паводка, вызывающие повышение уровня воды, задерживающие падение уровней весеннего половодья и тем самым отдаляющие 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 орочный расход воды дождевого паводка наблюдался в октябре 1952 г. и составил по посту Абрамково $6970 \text{ м}^3/\text{с}$, по посту Звоз – $8960 \text{ м}^3/\text{с}$, по посту Усть-Пинега – II $200 \text{ м}^3/\text{с}$. Наибольший годовой расход воды 1952 г. по указанным постам наблюдался в июне и составил соответственно 15 000, 17 000 и $24 600 \text{ м}^3/\text{с}$.

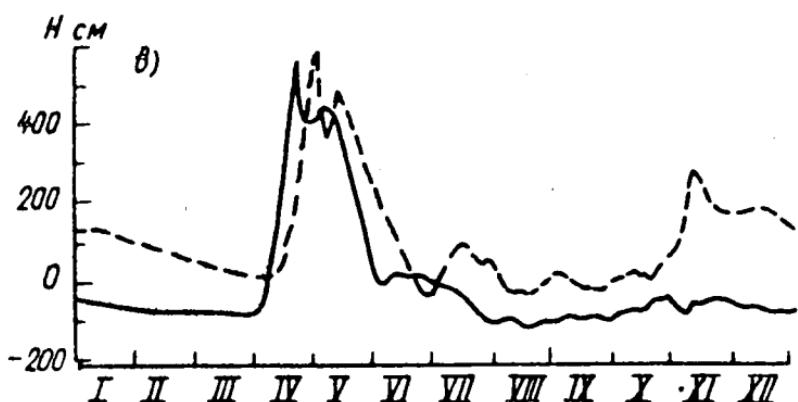
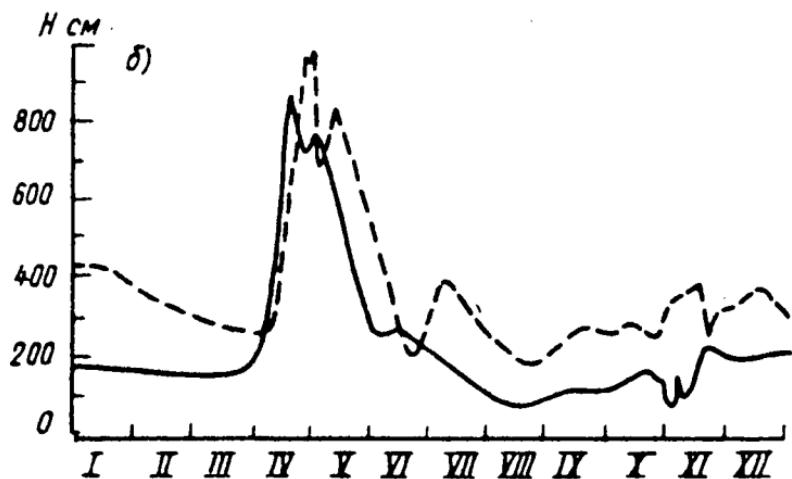
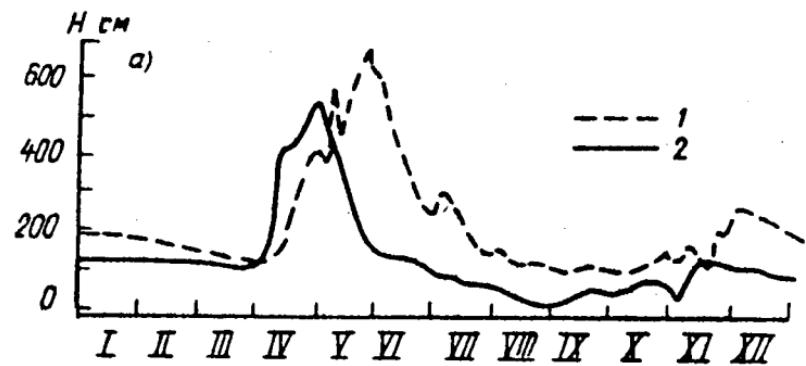


Рис. 3.II. Ход уровней воды р.Северной Двины за характерные годы по постам Абрамково (а), Звезд (б) и Усть-Линега (в).
 1 - многоводные 1971 г. (а) и 1984 г. (б, в);
 2 - маловодный 1975 г.

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 Звоз 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 Звоз $4,85 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$, 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
Звоз	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 сгонами. 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, сгоны 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 отока зимнего периода значительно меньше, чем летне-осеннего. Многолетняя амплитуда колебаний минимального уровня возрастает вниз по реке и составляет на участке до впадения р.Вычегды 1,0-1,5 м, между реками Вычегда 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 осенного 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.Движской Березник, д.Орлец, 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.И.1). Для участков основного рулона 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 несущественно.

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 водообора.

В верхнем течении реки, в отворе поста Рабаныга, в межениевые периоды в большей степени оказывается 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 Рабаныга выше, чем в остальных отворах и составляет III-150 мг/л (межквартильный размах).

Таблица 4.1
Зависимость минерализации воды от направления
течения у поста Рабаныга в период половодья

Дата	Раоход, м ³ /с	Сумма ионов Σn мг/л	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	III	Прямое течение

Минерализация речной воды в среднем течении и на устьевом участке реки в межениные 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).

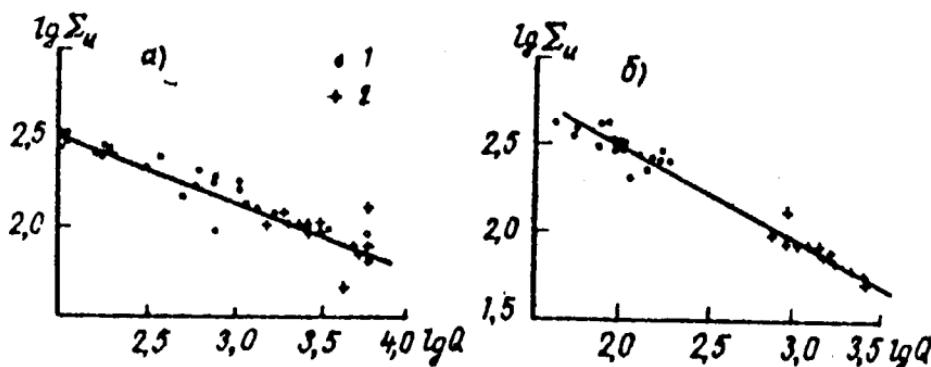


Рис. 4.1. Связь минерализации вод р. Сухоны с расходом воды у постов Каликино (а) и Рабаньга (б) зимой (1) и летом (2).

Сезонные колебания концентрации гидрокарбонатов аналогичны колебаниям общей минерализации, в межениные периоды их средняя концентрация возрастает от 164 мг/л у поста Рабаньга 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 Тотьма.

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 проохранственного изменения суммы ионов щелочных металлов прослеживаются в период зимней межени: если в верховье эта сумма (по межквартальному размаху) оставляет 2,0–7,3 мг/л, то у поста Тотьма – 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 Тотьма) отличается повышенным содержанием натрия и калия. В период зимней межени при резком снижении водности реки влияние этого источника питания увеличивается, что оказывается на составе главных ионов. В остальные сезоны влияние указанного источника оглаживается, проявляясь только в значениях медианных концентраций ионов щелочных металлов: 2,9 мг/л в верхнем течении, 5,3 мг/л у поста Тотьма, 4,8 мг/л на устьевом участке.

Воды Сухоны имеют слабощелочную реакцию. В период весеннего половодья значение pH понижается до нейтрального или слабокислого 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.

Киолородный 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 Тотьма – в 54%, у поста Каликино – в 89%. Межквартальный размах концентрации растворенного кислорода в этих отворах 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 $S_{cb}/\sigma_0 = 0,57$. В среднем и нижнем течении коэффициент корреляции выше (0,82–0,93) при $S_{cb}/\sigma_0 = 0,52$.

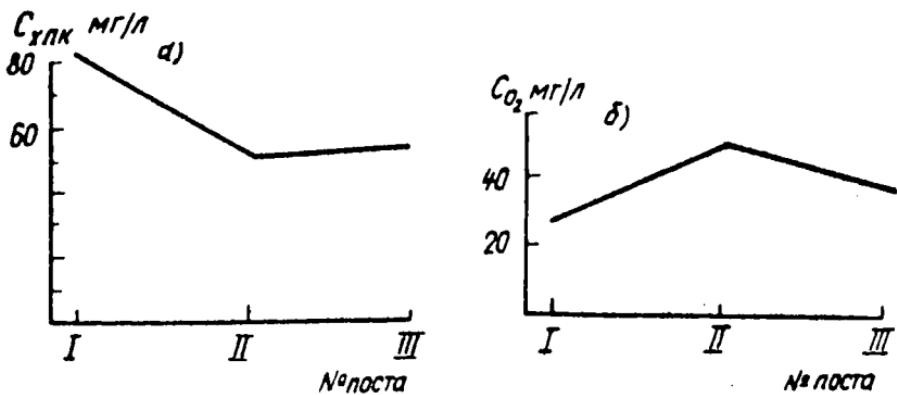


Рис. 4.2. Пространственная изменчивость содержания органических веществ по ХПК (а) и растворенного кислорода (б) в водах р.Сухоны в период зимней межени.

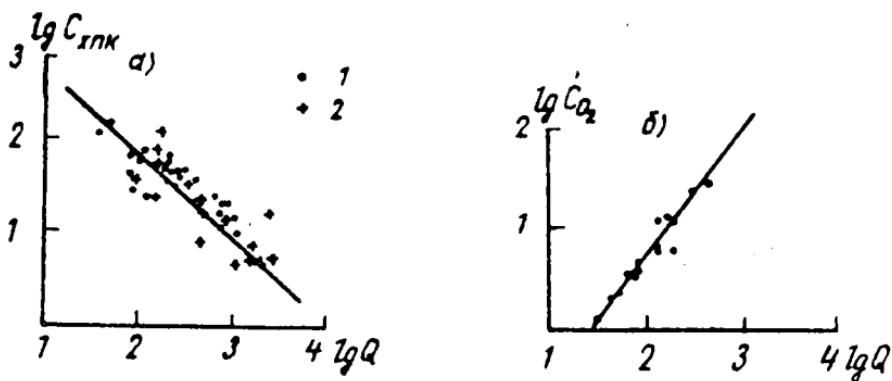


Рис. 4.3. Связь содержания органических веществ по ХПК (а) и растворенного кислорода (б) с расходами воды р.Сухоны у поста Рабаньга зимой (1) и летом (2).

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 НИК₅ у поста Рабаньга типичен для перегруженных органическим веществом водотоков: наибольшие значения концентрации характерны для меженных периодов, особенно зимнего, где средние значения ХПК составляют 82 мг/л. Весеннее половодье сопровождается значительным снижением значений бихроматной окисляемости и НИК₅ по сравнению с периодом ледостава: медианная концентрация ХПК уменьшается в 1,6 раза, НИК₅ - в 2 раза.

В целом этот участок реки отличается повышенным содержанием органических веществ: зимой бихроматная 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 НИК₅ 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 $C_{БХК} \text{ (ХПК)} = f(Q)$ 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 НИК₅ восстанавливается. У поста Тотьма максимумы величин, характеризующих содержание органических веществ, приходятся на период весеннего половодья, снижалось в межень. Медианное значение НИК₅ уменьшается при этом в 1,3 раза, с 3,04 до 2,30 мг/л. Максимальное значение бихроматной окисляемости в этом створе (62 мг/л) отмечено также в период весеннего половодья.

Сезонные колебания ХПК и НИК₅ 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 Тотьма 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 межениевые 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 Рабаныга), среднем (пост Тотьма) 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 НПК₅ и ХПК, а также неудовлетворительный киолородный 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 киолорода. 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 ионов кальция 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, расположенному в верхнем течении реки, составляет 257-270 мг/л (интервал 95%-ной вероятности), а ниже по течению, у д.Пычим, 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 межениевые 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 неоколько 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 межениевые 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 фонового отвора ($C_{Mg}^{2+} > C_{Na}^{+} + K^{+}$), 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 межениевые периоды вода имеет слабощелочную реакцию и колебания значений pH внутри одного сезона невелики (7,20-7,65). Весной, во время половодья, реакция среды становится слабокислой (6,0-6,8), причем наименьшие значения соответствуют пику половодья. Ниже по течению сохраняются та же сезонная изменчивость, но интервал значений pH становится нескольки-

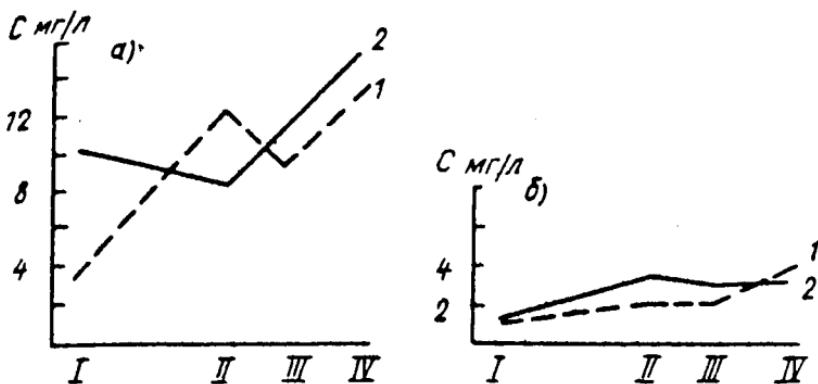


Рис. 4.4. Пространственно-временная изменчивость содержания натрия (1) и магния (2) в водах р. Вychегды в период зимней межени (а) и весеннего половодья (б) по постам I-IV.

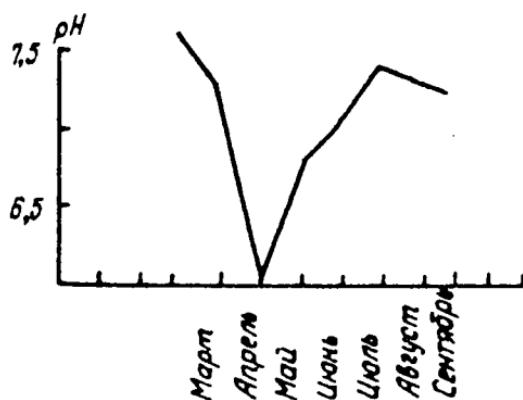


Рис. 4.5. Внутригодовая изменчивость pH вод р. Вychегды у поста Малая Кужба.

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. Пычим 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. Пычим, 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 обрыва сточных вод Котлаоского ЦБК, насыщение речной воды кислородом вновь снижается: 10% наблюденных 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 БИК₅) сложно, поскольку, в 1976-1981 гг. значения БИК₅ 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 обрыва сточных вод в верховье реки, увеличение уровня БИК₅ в фоновом створе в период весеннего половодья можно целиком отнести за счет природного фактора [5].

Ряды данных БИК₅ 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 (о. Малая Кужба, пост Межог) характерны сезонные колебания значений ХЛК 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 меженные периоды значение ХЛК в этих створах снижается в 1,7-2,6 раза. Для второй группы (д. Пычим, о. Лименда) кривая сезонных изменений бихроматной окисляемости оглажена, дождевой паводок не выражен, увеличение ХЛК в период половодья незначительное, в среднем в 1,1 раза над значениями меженного периода. Таким образом, влияние антропогенного фактора проявляется во внутргодовом ходе ХЛК и хорошо прослеживается в меженные 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 о. Лименда - 36,5 мг/л (последнее значение не является медианой, поскольку у о. Лименда сведения о бихроматной окисляемости единичные). Ряд значений ХЛК 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.

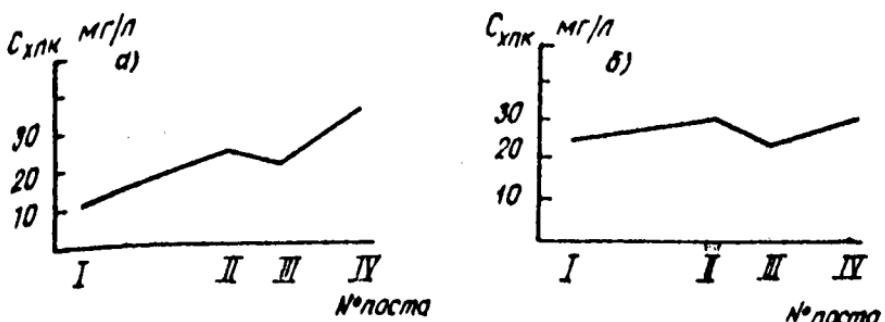


Рис. 4.6. Пространственно-временная изменчивость содержания органических веществ по ХПК в водах р. Вychегды в период зимней (а) и летней межени (б) по постам I-IV.

Аммонийный азот присутствует в водах Вychегды во все гидрологические фазы. Природными факторами, обусловливающими поступление ионов аммония в водные объекты, являются атмосферные осадки, поверхностный оток 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 Вychегды, 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 створе, 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 сточных 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 сточных вод, точнее, соотношение производственных и хозяйствственно-бытовых сточных вод (из общего объема оточных вод, поступающих выше д. Пычим, до 1/3 составляют хозяйствственно-бытовые, на устьевом участке их объем на порядок ниже объема промышленных).

Концентрация китрит-ионов в фоновом отворе во все сезоны незначительна, до 0,001 мг/л по медианному 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

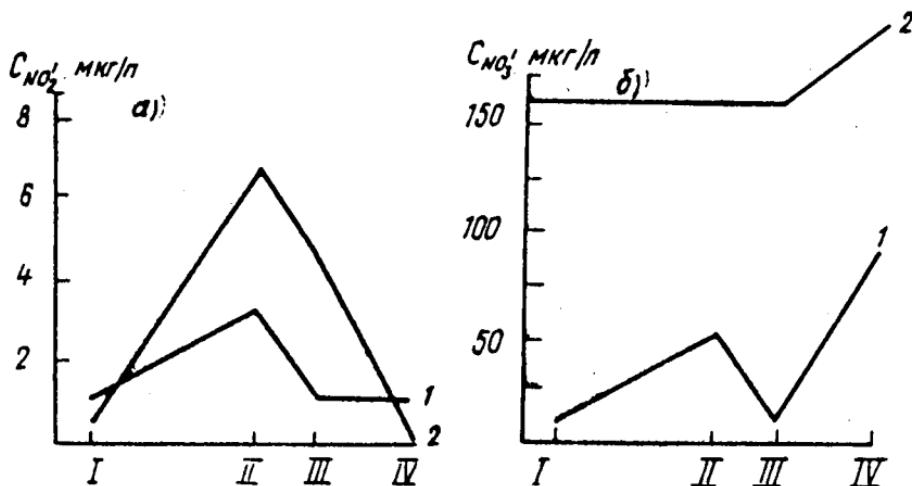


Рис. 4.7. Пространственно-временная изменчивость содержания нитритов (а) и нитратов (б) в водах р. Вычегды летом (1) и зимой (2) по листам I-IV.

створах нитриты отсутствуют. У д. Пычим 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 по-всеместно 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. Пычим 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 обрыва оточных 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 киородного режима в период ледостава незначительна. Некоторое снижение насыщения речной воды киородом проявляется в среднем и нижнем течении в местах сильного антропогенного воздействия.

4. Влияние антропогенного фактора хорошо прослеживается в ограждении кривой сезонных изменений ХИК и ИПК₅, а также в повышении содержания органических веществ в воде в отворах, расположенных ниже участков, подверженных воздействию оточных вод.

5. Повышенное содержание биогенных компонентов чаще всего наблюдается у д. Пычим, где в зимний 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 вдоль 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 Усть-Пинега (355–437 мг/л) и у железнодорожного моста г. Архангельска (357–426 мг/л). Всё приведенные данные представляют интервалы 95%-ной вероятности. В летний период значения минерализации несколько снижаются. Весной, во время половодья, содержание

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 отверга железнодорожного моста статистическую зависимость можно считать хорошей как для зимней, так и для летней межени. Коэффициент корреляции в первом случае составляет 0,90, во втором 0,78 при соотношении $t_{\text{зим}}/t_{\text{лет}} < 0,40$. 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 с 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 отверже железнодорожного моста в межениевые 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.

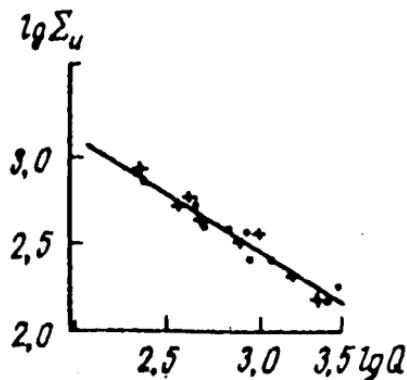


Рис. 4.8. Связь минерализации вод р. Северной Двины с расходами воды в отверже железнодорожного моста.

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 точке 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 сезоны, 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 сезонной сменяемости второго доминирующего катиона в среднем и нижнем течении реки является ионный состав поверхностного стока, обогащенный солями натрия.

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

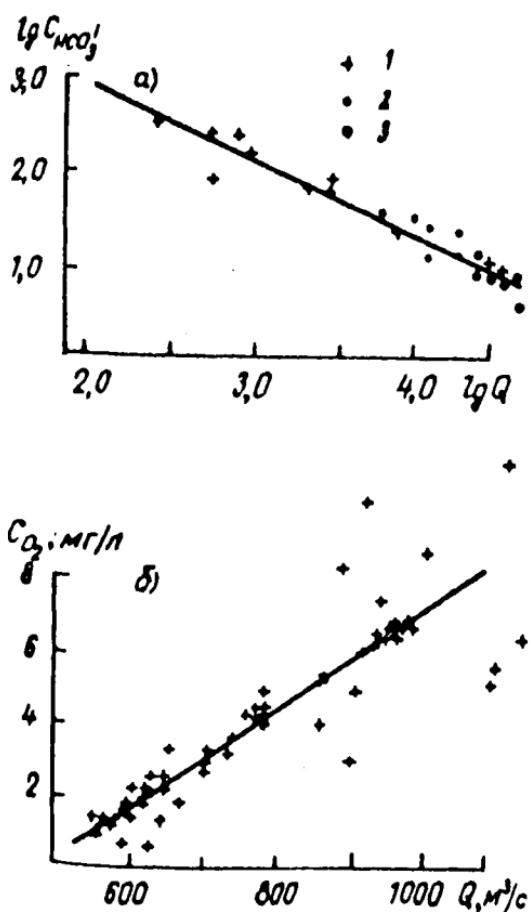


Рис. 4.9. Связь содержания гидрокарбонатов (а) и растворенного кислорода (б) о расходами воды Северной Двины в отвере железнодорожного моста зимой (1), летом (2) и осенью (3).

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 ледооттока очень четко. Высокий коэффициент корреляции ($r = 0,82$) при $S_{Cg}/S_0 < 0,40$ 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).

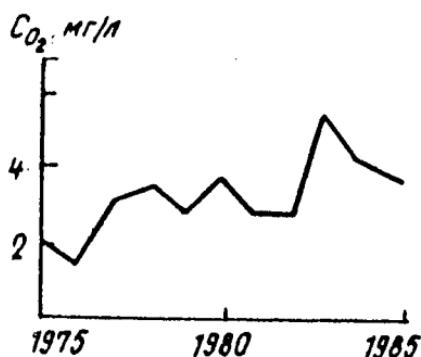


Рис. 4.10. Межгодовая изменчивость содержания растворенного кислорода в воде Северной Двины в период зимней межени в отворе железнодорожного моста.

Ниже по течению, у постов Абрамково и Усть-Пинега, сезонные колебания ХПК носят такой же характер и интервалы их 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 отвора составляет 31–47 мг/л зимой и 37–50 мг/л летом.

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

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

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

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

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

Данные по содержанию легкоокисляемых органических веществ (по
 $НК_5$) в различных отворах весьма неравнозначны.

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

Наиболее выюокое 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 повышение содержания 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 отока 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 иной: здесь зимой меж-
квартильный размах концентрации NH_4^+ составляет 0,08–0,25 мг/л, весной
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 проявляется 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 незначитель-
ной концентрации. В межениные периоды медианная концентрация этого со-
единения у постов Котлао, 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 концен-
трация, отмеченная здесь (0,180 мг/л), в 20 раз превышает среднюю
(рис. 4.11). 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 ионов, который характеризуется увеличением в период зимней межени и резким снижением в период вегетации, не нарушается на всем протяжении Северной Двины. Межквартальный размах концентрации нитритов у поста Котлас 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.

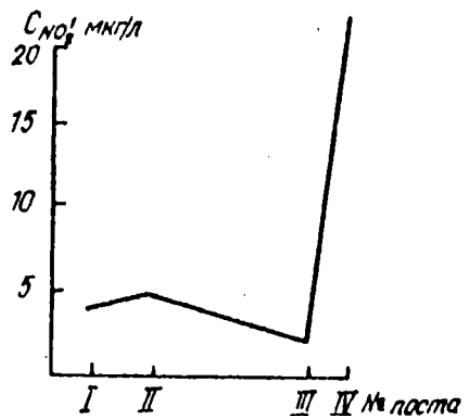


Рис. 4.II. Пространственная изменчивость содержания нитритов в воде Северной Двины в период зимней межени по постам I–IV.

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

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 Котлас и железнодорожного моста (0,094 мг/л).

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

Выводы

1. Особенностью химического состава вод Северной Двины является смена второго доминирующего катиона магния на натрий в межненные 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 Котлас. 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 отвалах, расположенных выше по течению.

4.4. Дельта р.Северной Двины

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

Каждой границей дельты принято считать отвор железнодорожного моста (вершина дельты), а северной - линию, соединяющую о-ва Ягры, Гремиха, Кумбыш, Голец и Лебедин (морской край дельты). Расположение отволов 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 классификация 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 весенне-половодье, 190-230 мг/л - в летнюю межень и 240-270 мг/л - в осенний период. На морском крае дельты минерализация поверхностных вод зоны смешения 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 навигационными явлениями, могут достигать уровня 25-26 г/л, близкого к фоновой солености Белого моря. На пике весеннего паводка зона смешения морских и речных вод обычно вытекает в Двинский залив за пределы дельты, и в ее водотоках в это время преобладают чисто речные мало-минерализованные воды. Для дельты на участках ее обсаживания характерна термохалинная стратификация с наличием озоя скачка плотности, препятствующего вертикальному обмену вод. Это часто приводит к такой ситуации, когда в протоках дельты над морскими водами в глубоких язобах располагаются речные.

Согласно исследованиям сотрудников ГОИНа [II], соленые воды начинают поступать в дельту реки при расходе воды у поста Усть-Пинега $10\ 000\ m^3/s$. При уменьшении этого параметра до характерного расхода воды летней межени $2000\ m^3/s$ дальность проникновения морских вод в рукава дельты увеличивается до 15 км. При дальнейшем уменьшении расхода воды Северной Двины граница осолонения вод дельты располагается в 20–25 км от ее морского края. При наводненно-огоньковых ситуациях и под влиянием приливов и длинных внутренних волн морокие воды могут резко продвигаться в верхнюю часть дельты и кратковременно проникать вплоть до вершины дельты. Подобные случаи повторяются 2–3 раза в ото-летие. Средняя дальность проникновения соленых вод в рукава дельты в зимнюю межень составляет $10\text{--}15\ km$, т.о. меньше, чем в летнюю. По-следнее обусловлено возрастанием уклонов поверхности воды в водото-ках дельты при наличии ледяного покрова и аккумуляцией речных вод под ним в устьях рукавов [II].

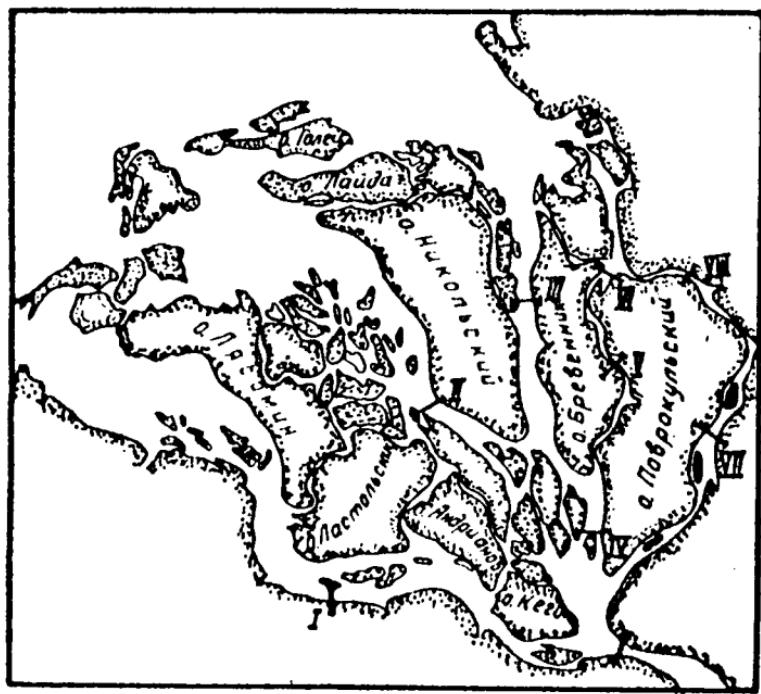


Рис. 4.12. Схема дельты р. Северной Двины.
Створы стационарных гидрохимических наблюдений I-УШ соответствуют нумерации из таблицы I.1.

Распределение значений минерализации в поперечных сечениях водотоков дельты вне зоны обогащения относительно однородно, за исключением участков выпуска большого объема оточных вод. Ее внутригодовой

ход имеет 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 отверстии, где проводились гидрохимические наблюдения или в другом близлежащем отверстии (при отсутствии значительной боковой приточности).

На тех участках дельты, куда могут проникать морские воды, в летне-осенний период в отдельных случаях, связанных со солено-нагонными 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.

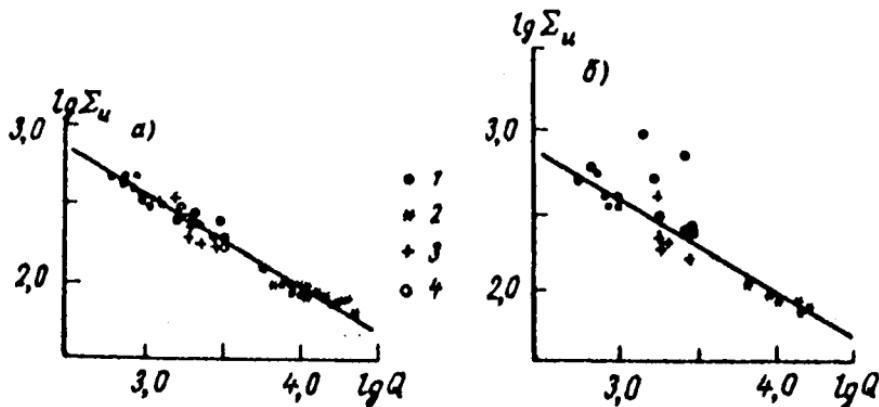


Рис. 4.13. Связь минерализации вод дельты Северной Двины у постов Соломбала (а) и порт Экономия (б) с расходами воды у поста Усть-Пинега по данным за 1976–1985 гг.

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 весенне-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 составляют 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 ~~находится~~ влияние сточных 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 Кузнецкого и Корабельного рукава. В чисто речных водах максимальные значения концентрации сульфатов в межениные 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 межениные 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 постолднем для устранения влияния морских вод значения концентрации сульфатов брали 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 межениные периоды средние значения концентрации хлоридов по многолетним выборкам в протоке Маймаке около порта Экономия и нижнем течении протоки Кузнецкого 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

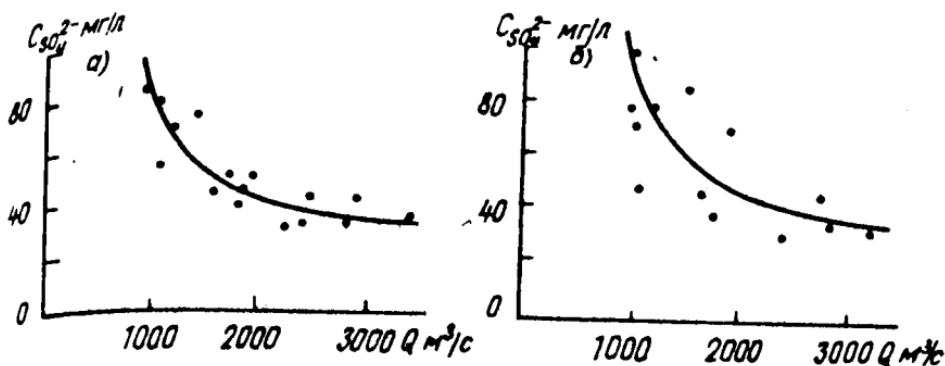


Рис. 4.14. Связь содержания сульфатов у постов Соломбала (а) и 29-й лесозавод (б) с расходами воды Северной Двины у поста усть-Пинега в летний период по данным за 1962-1985 гг.
 а - измерения на поверхности в середине водотока,
 б - измерения на поверхности у левого берега.

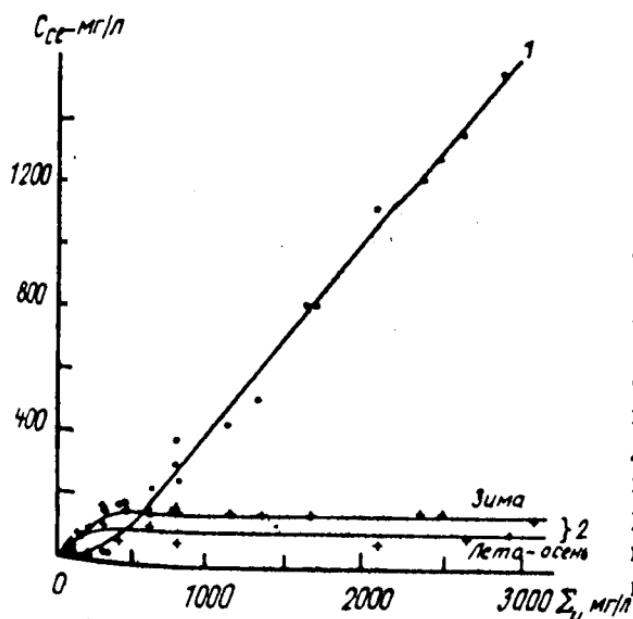


Рис. 4.15. Связь содержания хлоридов и гидрокарбонатов с минерализацией воды в протоке Маймаксе в отверстии 2 км ниже порта Экономия по данным наблюдений за февраль-октябрь 1986 г.
 1 - хлориды, 2 - гидрокарбонаты.

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, расположеннном в 2 км ниже устья протоки Кузнецовки (рис. 4.15).

Следует отметить, что расчет солености по уравнению

$$S = 0,082 + 1,8006 C_f,$$

рекомендованному в методических указаниях [16]

для вод Белого моря при хлорнооти 0,5-1,5% часто дает заниженные результаты (примерно на 0,1-0,2%). Однако этот факт, обнаруженный для зоны смешения речных и морских вод, подтвержден лишь для проток Маймакон и Кузнецких 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 химического состава дельтовых вод, попадающих в протоку Кузнецкую, проанализировать 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 весенне-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 Кузнецких и среднем течении протоки Маймакон концентрация ионов кальция в межениевые 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 показателяносит 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 миллиграмммах) превышало сумму ионов натрия и калия и в межениевые 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

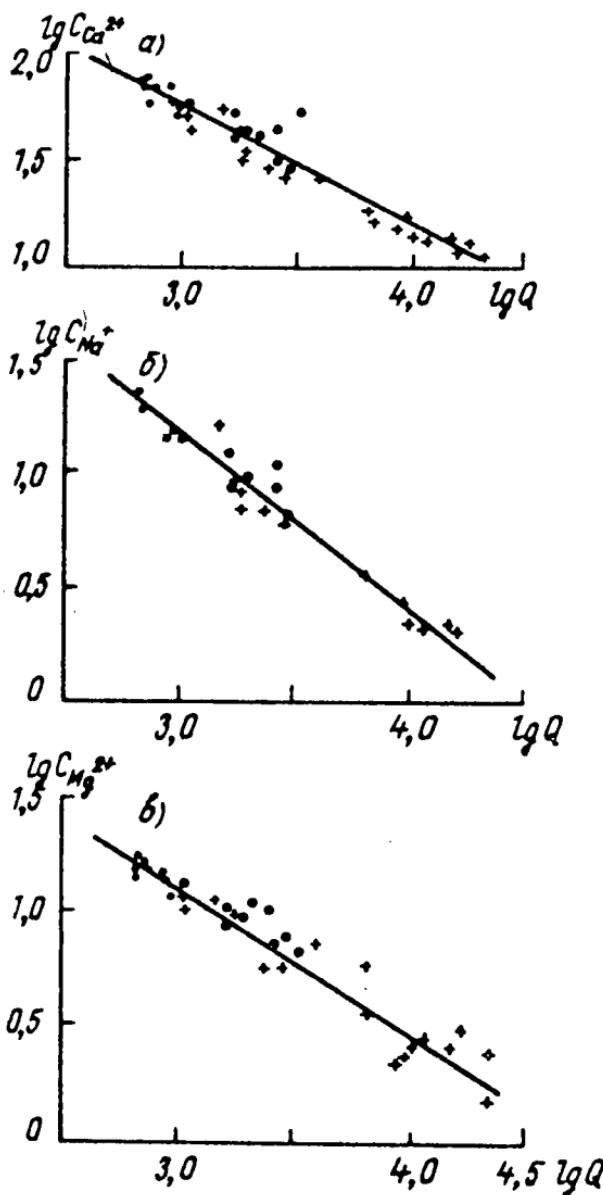


Рис. 4.16. Связь содержания Ca^{2+} (а), Na^{+} (б) и Mg^{2+} (в) в воде Северной Двины у поста Конвейер в Корабельном рукаве о расходами воды у поста Усть-Пинега по данным за 1967-1985 гг.
Усл. обозн. см. рис. 4.13.

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 - моль)

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 смещения речной и морской водных масс его концентрация в меженные 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 ощущимые различия. В частности, повышенная концентрация натрия типична для левобережья основного рула Северной Двины и верхнего участка Никольского рукава.

Внутригодовая изменчивость содержания ионов натрия имеет 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 смешения речных и морских вод концентрация ионов магния в межениевые 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 отока воды Северной Двины. Значительное расстояние 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 наименеешая концентрация катионов приходится на ионы калия. В отдельных случаях их удельный вес соизмерим 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 весенне половодье – 0,3–0,7 мг/л. В зоне смешения 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 отока 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 натуральных наблюдений не менее чем за 22 года, чтобы охватить низкочастотные составляющие колебаний отока 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 слабокислотных 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 Кузнецкого, нижнего течения Маймакон и Корабельного рукава и, очевидно, связаны с особенностями распределения вышеи 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 Кузнецкого.

Слабощелочные свойства вод дельты меняются на олабокислотные обычно при превышении расхода воды $23\ 700\ м^3/с$ но пооду 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 предложению в определенной степени служит динамика рядов pH на некоторых участках дельты (рис. 4.17).

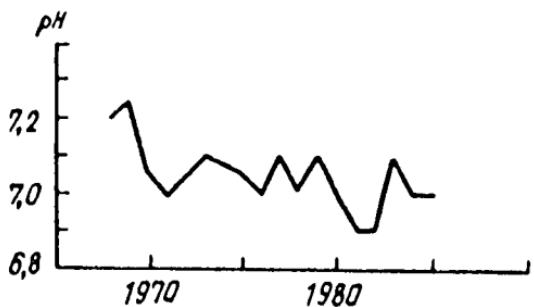


Рис. 4.17. Многолетняя изменчивость значений pH у поста Конвейер в Корабельном рукаве в весенний период.

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 проявляется 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 расходом воды Северной Двины. По медианным значениям pH для разных интервалов изменения расхода воды

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

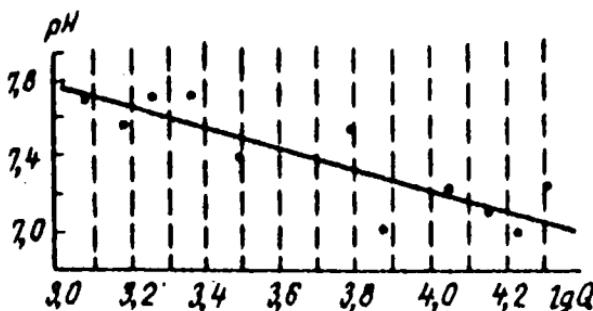


Рис. 4.18. Связь медианных значений pH у поста Соломбала в Корабельном рукаве с расходами воды Северной Двины у поста Усть-Иннега в мае-октябре 1962-1985 гг.

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 поверхности олосов 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 Кузнецких, где проявляется влияние сточных вод с очистных сооружений Соломбальского ЦБК, 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 мористой зоны, куда поступают воды о устьевого взморья и о приливных маршах. На первом основным продуцентом кислорода выступает фитопланктон, на втором - водная растительность, занимающая зону приливной буэшки. 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 Кузнецкого, когда эффект "удобрения" водотока сточными водами преобладает над их токомческим 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 флюктуации температуры воды. В период ледостава распределение кислорода в отворе 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.

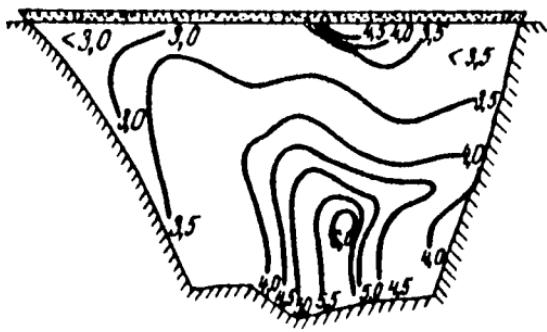


Рис. 4.19. Распределение кислорода (мг/л) у поста Соломбала в Корабельном рукаве 8 апреля 1986 г. в момент, близкий к малой воде приливного цикла.

В период ледостава колебания содержания кислорода тесно связаны с изменчивостью речного отока [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 отока Северной Двины в исследуемый период. В летнюю межень многолетние колебания содержания кислорода для большинства водотоков дельты носят квазистационарный вид.

Для рассматриваемого района, судя по значениям НК₅, характерно повышенное содержание легкоокисляемых веществ. Значения НК₅ 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–

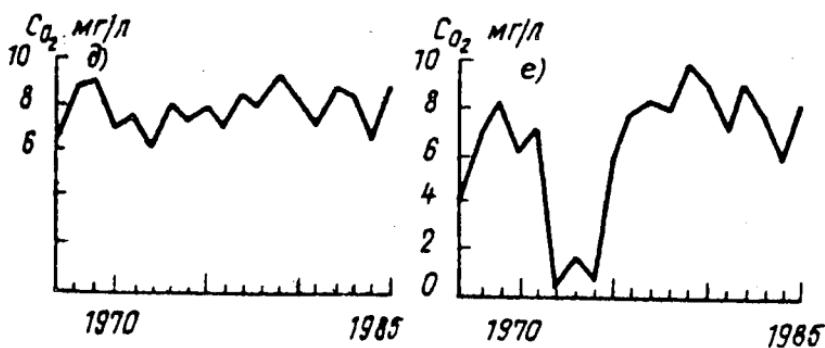
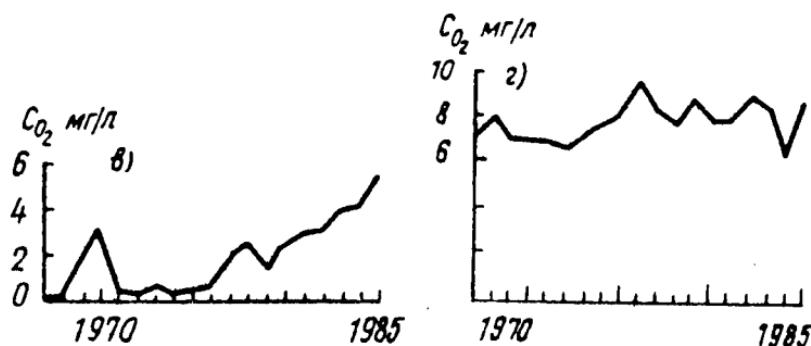
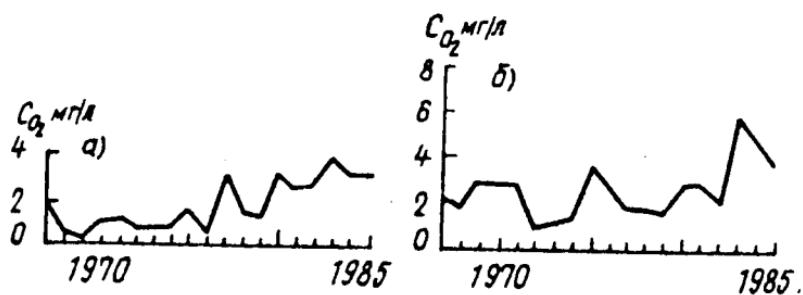


Рис. 4.20. Многолетняя изменчивость содержания кислорода в воде дельты Северной Двины у постов Рикасирка (а, г), 3 км ниже гидролизного завода (б, д) и 29-й лесозавод (в, е) в зимнюю межень (а-в) и летнюю (г-е) межень.

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

2,3 мг/л - в летний межень и 1,9-2,9 мг/л - в осенний период. Для левобережья верхней части Никольского рукава и нижнего течения протоки Кузнецкого аналогичные значения несколько выше. Здесь отмечается наибольшее содержание легкоокисляемых веществ. Наименьшие их концентрации наблюдаются в Корабельном рукаве. Для сезонного распределения ПИК₅ 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 вертикалах в протоке Кузнецкого 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 озушки 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 Кузнецкого в районе обрыва 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 ПИК₅ 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 весеннееводье.

Связь колебаний ПИК₅ 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 ПИК₅. На участках, где фиксируется влияние обротов 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. имеет 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 ПИК₅, а на других - к их уменьшению. В весенний период высокие значения ПИК₅ 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 оставляет 29–41 мг/л атмосферного 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 Кузнецкого. 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 отворах

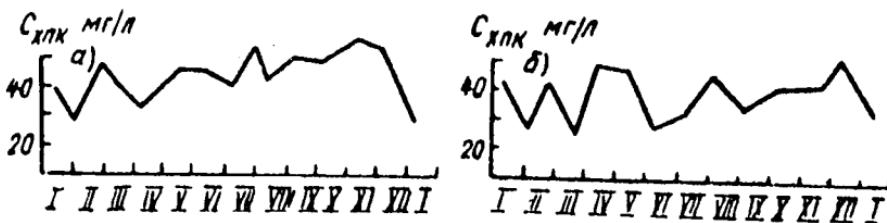


Рис. 4.21. Внутригодовая изменчивость ХПК у постов Рикасиха в Никольском рукаве (а), 3 км ниже устья р.Юра в протоке Кузнецкое (б) по данным за январь 1984 – январь 1985 гг.

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 отвере 29-го лесозавода в протоке Кузнецкое – осенью, в отвере д.Краиное 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 о существенной эрозией верхнего слоя дощих отложений в водотоках бассейна, в том числе на их пойменных участках, при резком увеличении скоростей течения в весенний паводок. В поддержку поиска доказывает повышение концентрации ХПК в придоющих водах по сравнению с поверх-

ностными в эзимнюю межень, когда ослабление гидродинамических процессов способствует аккумуляции различного рода органических остатков на донных отложениях. Следует отметить, что идентичность во внутригодовом ходе значений ХПК и ПИК₅ для осредненных условий прослеживается лишь для Никольского рукава и верхнего течения протоки Маймаков.

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-Чинега содержание органического вещества на многих участках дельты возрастает прямо пропорционально водности реки.

Данные наблюдений по рассматриваемому показателю за 1967-1985 гг. позволяют предоставить в первом приближении многолетнюю изменчивость ХПК как квазиотационный 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 флюктуациями 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 среднего участка протоки Кузнецких 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 отока 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-

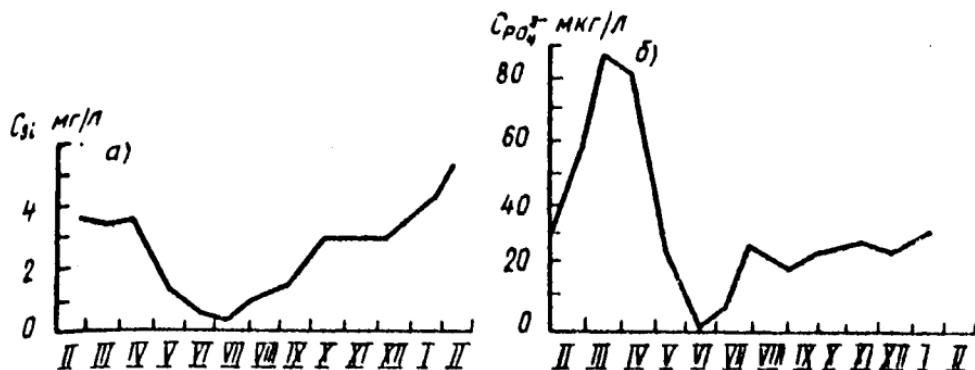


Рис. 4.22. Внутригодовая изменчивость содержания кремния (а) и фосфатного фоофора (б) у поста 3 км ниже устья р.Брас в протоке Кузнецкхе по данным за февраль 1984-февраль 1985 гг.

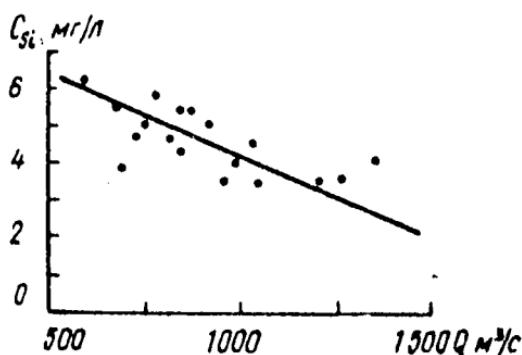


Рис. 4.23. Связь содержания кремния у поста 3 км ниже устья р.Брас с расходами воды Северной Двины у поста Усть-Линега в период ледостава по данным за 1977-1985 гг.

29 мкг/л и в осенний период – 9–13 мкг/л. Наибольшее содержание фосфатов характерно для нижнего течения протоки Кузнецкхе и примыкающего к ней участка протоки Маймакон. Наименьшее содержание этого вида биогенных веществ типично для Корабельного рукава. Максимальная концентрация фосфатного фоофора, зарегистрированная в отвере 29-го лесозавода в протоке Кузнецкхе, составляет 125–160 мкг/л, что в 2–3 раза больше аналогичных максимумов, наблюдавшихся в других отверах дельтовых проток и рукавов. Минимальная концентрация снижается до аналитического нуля и отмечается в безледоставный период, а в Корабельном рукаве и в протоке Маймакон – 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 макробиота.

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 о сельскохозяйственной точки зрения. Аналогичное явление характерно для зоны осолонения дельтовых водотоков. Наибольшая изменчивость соотношения между минеральным и органическим фосфором наблюдается на нижнем отрезке протоки Кузнецкого, 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 сопротивлении данных различия между их содержанием в различных точках сечения существенно ограждаются и не превышает 2–4 мкг/л, что указывает на случайную природу таких флюктуаций. На участках, где хорошо прослеживается влияние оточных вод, в межениевые 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 Кузнецкого, Никольский рукав), она во многом определяется внутриводовым ходом стока Северной Двины. Это наглядно демонстрирует рис. 4.24, на котором отображена связь

рассматриваемого ингредиента с расходами воды в нижнем течении протоки Кузнецкого. 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 водности 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-

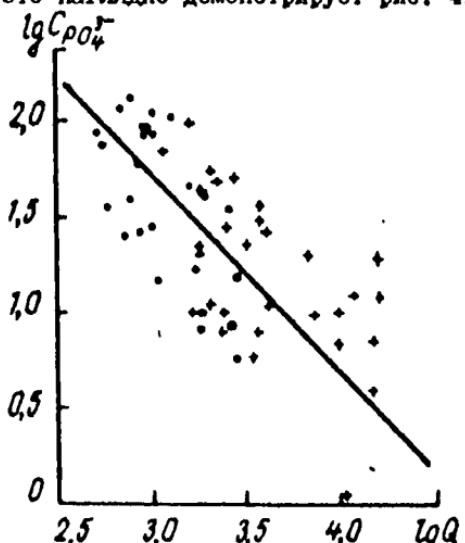


Рис. 4.24. Связь содержания фосфатного фосфора в протоке Кузнецкого у поста 29-й лесозавод (измерения на поверхности у правого берега) по данным за 1977–1985 гг.

Усл. обозн. см. на рис. 4.13.

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 межениевые 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 Маймаков 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 сточные 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 Маймаков и в протоке Кузнечихе. Весенний максимум фиксируется по левобережью Никольского рукава, в Корабельном рукаве и по левобережью Маймаков. 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 Маймаков (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

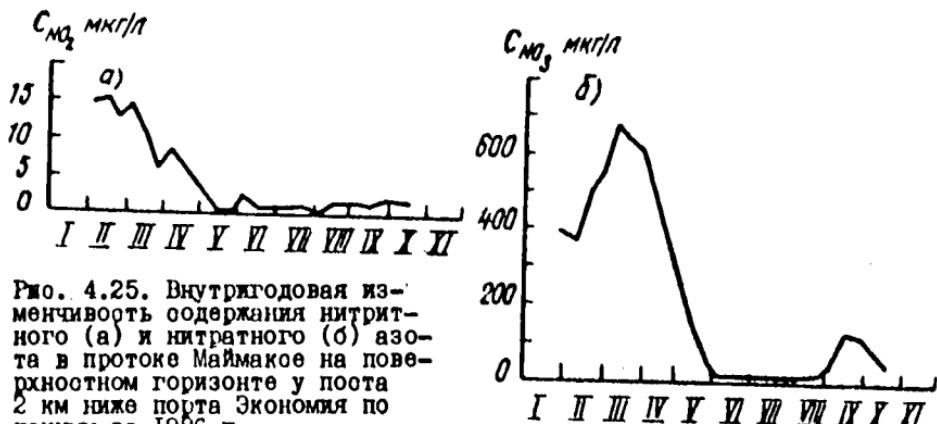


Рис. 4.25. Внутригодовая изменчивость содержания нитритного (а) и нитратного (б) азота в протоке Маймакое на поверхности горизонте у поста 2 км ниже порта Экономия по данным за 1986 г.

вегетационный период. Следует сказать, что сезонный ход содержания этой формы минерального азота в целом выражен слабо, за исключением нижнего течения протоки Кузнецкого, где его изменчивость довольно тесно связана с колебаниями речного отока. По следний 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 створах, 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 медианном выражении составляет 160–300 $\mu\text{g/l}$ в зимнюю межень, 10–20 $\mu\text{g/l}$ – в весенний и летний периоды и 20–50 $\mu\text{g/l}$ – осенью. Наибольшее содержание этой формы минерального азота в зимний период характерно для Никольского рукава и протоки Маймаков в районе порта Экономия, а в остальное время года – для левобережья Никольского рукава и нижнего течения протоки Кузнецкого. 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 макроимальные значения, достигающие уровня 1000–1400 $\mu\text{g/l}$ 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

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

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 оточных 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 снижаться до нуля практически по всей дельте. Таким образом, данный биогенный элемент может о служить 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 флоктуации 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 отвалах дельты проявляется по–разному и наибольшую тенденцию имеет в нижнем течении протоки Кузнецкхи. Она, как правило, бывает сильно "зашумлена", 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 свой индивидуальный характер поведения. Однако там, где в течение всего года доминирует лишь один фактор, что, например, имеет место на участке разбавления сточных вод о очистных сооружений Соломбальского ЦК, их изменения приобретают сходные черты.

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

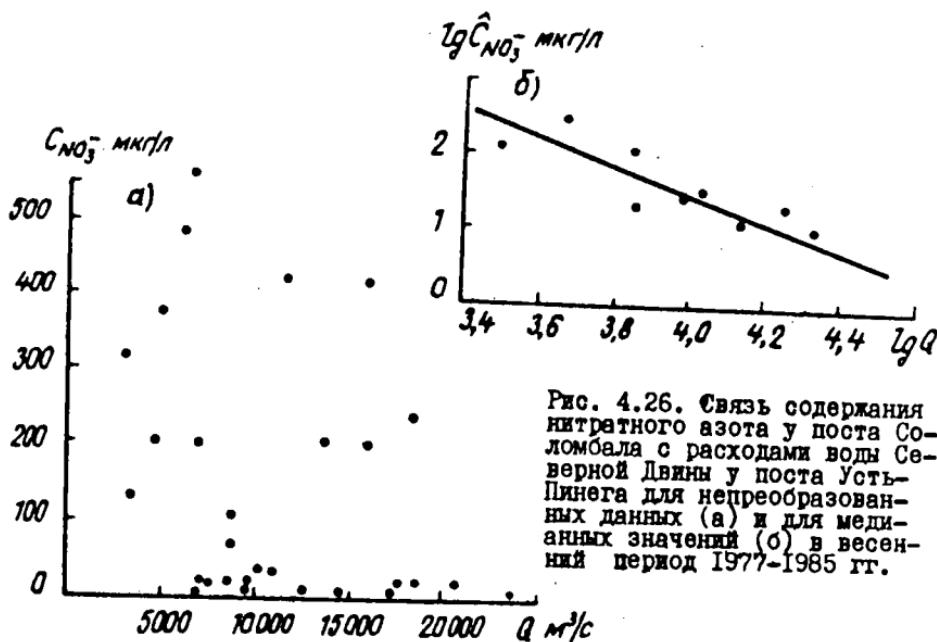


Рис. 4.26. Связь содержания нитратного азота у поста Соломбала с расходами воды Северной Двины у поста Усть-Пинега для непреобразованных данных (а) и для медианных значений (б) в весенний период 1977-1985 гг.

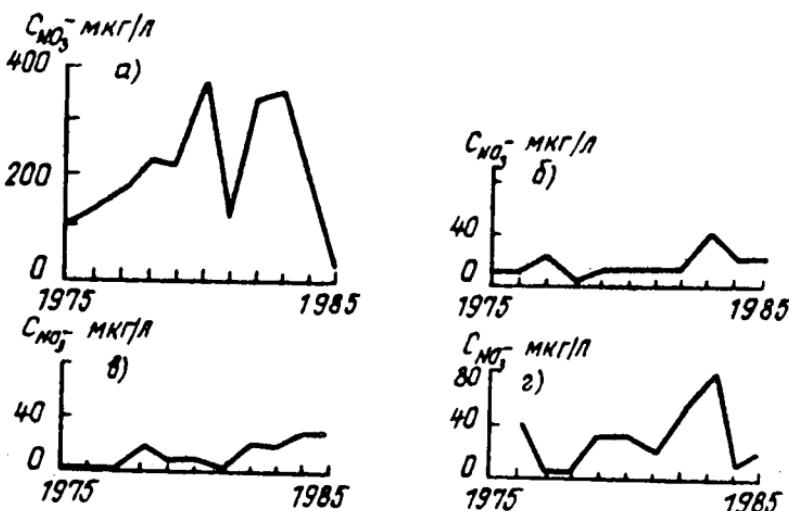


Рис. 4.27. Многолетняя изменчивость содержания нитратного азота в протоке Маймаке на поверхности горизонте у поста 3 км ниже гидролизного завода в зимнюю межень (а), весенне полноводье (б), летнюю межень (в) и осенний паводок (г)

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 мористой 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 отдельных 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 Кузнецкого и по левобережью Никольского рукава. Самый благополучный, с этой точки зрения, участок дельты - Корабельный рукав. В прибрежной зоне посреди 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 оптимально-гигиеническое состояние дельты по изоледуемым показателям, видимо, не ухудшится, если не увеличится объем оброка оточных 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 ощущены сезонные колебания гидрохимических показателей, а по отдельным ингредиентам (солевой состав, O_2 , pH , TK_5) - и многолетние изменения. В дальнейшем больше внимания необходимо уделить приливному и синоптическому масштабу изменчивости природных процессов, охватывающих интервалы от нескольких часов до неоколичественных 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. ВЫЧЕГДЫ (УСТЬЕВОГО УЧАСТКА) И р. СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ

Процессы превращения неконсервативных веществ, происходящие в реках, зависят от многих факторов, и разница в окорости 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:

нулевого порядка

$$C_t = C_0 e^{-k_t t}, \quad (5.1)$$

первого порядка

$$C_t = C_0 \exp(-k_1 t), \quad (5.2)$$

второго порядка

$$C_t = (C_0 D_t / D_0) \exp[-k_2 t (D_0 - D_t)], \quad (5.3)$$

где C_t – содержание вещества в момент времени t ; C_0 – начальное содержание загрязняющего вещества; D_0 и D_t – начальное содержание и содержание в момент времени t второго реагирующего вещества соответственно; k – коэффициент окорости самоочищения.

При решении вопросов о допустимых антропогенных нагрузках на участок водотока или водный объект в целом главнейшей задачей является правильный прогноз степени его загрязненности для различной водности, температуры воды и т.д., который осуществим лишь при известных значениях коэффициента окорости самоочищения k , для каждой из неконсервативных примесей. Обычно с 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 Вычегды и основном русле Северной Двины для изучения процесса самоочищения речной воды от аммонийного азота и легкоокисляемой органики. Были выбраны девять створов, два из которых на устьевом участке Вычегды, 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 позволила не только достоверно рассчитать среднюю концентрацию вещества по сечению реки $C_{cp} = \sum C_n / 10$, но и составить представление о отруйности 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 Котласского ЦЖК. Отчетливо прослеживается наиболее загрязненная отруя, оттягиваемая течением к левому берегу и составляющая около 1/3 сечения

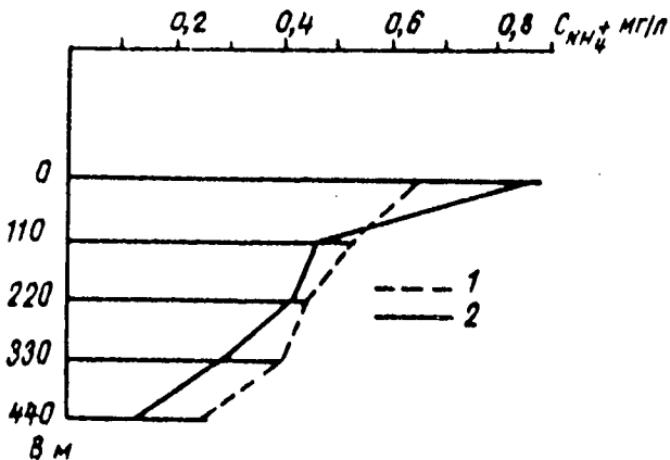


Рис. 5.1. Распределение аммонийного азота по сечению р.Вычегды в отворе 4 км ниже выпуска сточных вод на дне (1) и на поверхности (2).

водной массы. Величину τ в уравнениях (5.1)-(5.3) принимали как время добегания водной массы от предыдущего отверса к последующему, исходя из средней окорости течения на данном участке реки и период проведения съемки.

Для устьевого 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 отверса коэффициент окорости 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 на устьевом участке Вычегды во время съемки было равно $2,02 \text{ сут}^{-1}$. Процесс самоочищения, таким образом, описывается уравнением

$$C_t = 0,76 \exp(-2,02t).$$

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

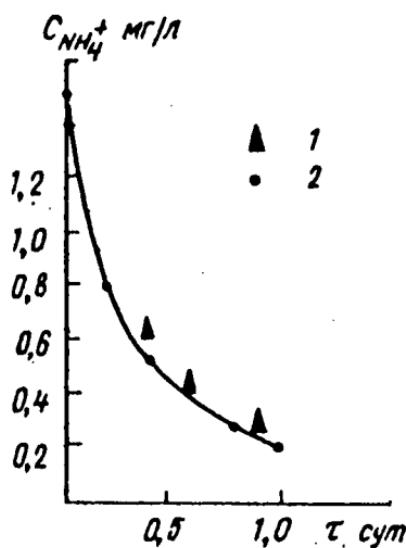
Изменение концентрации растворенных органических веществ на этом же участке, судя по виду кинетической кривой, скорее, может быть описано уравнением второго порядка. В то же время содержание второго участвующего в реакции вещества — кислорода убывает очень незначительно — от 10,96 до 9,74 мг/л:

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

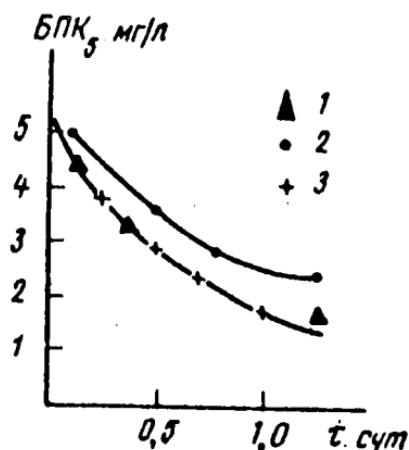
$$k_{I-II} = \frac{I}{0,6 (10,96 - 2,83)} \ln \frac{4,64 \cdot 9,74}{2,83 \cdot 10,96} = 0,08 \text{ сут}^{-1};$$

Однако кинетическая кривая, построенная по уравнению о применением расчетного коэффициента, плохо воспроизводит построенную по результатам измерений (рио. 5.3).

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



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



Рио. 5.3. Кривая самоочищения речной воды от органических загрязнений (по БПК₅) 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 БПК₅ уравнением реакции первого порядка. При этом получаем коэффициенты:

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

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

Коэффициент скорости изменения НИК₅ 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 съемке (см. рис. 5.3).

Коэффициенты скорости самоочищения для NH₄⁺ и НИК₅, 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 ВНИИВОДГЕО (1,8 сут⁻¹), а для НИК₅ – 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 съемки 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 НИК₅) 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 НИК₅ и аммонийному азоту идет достаточно интенсивно. Полученные коэффициенты скорости самоочищения (2,02 и 0,76) сопоставимы с аналогичными коэффициентами, опубликованными в работе [6].

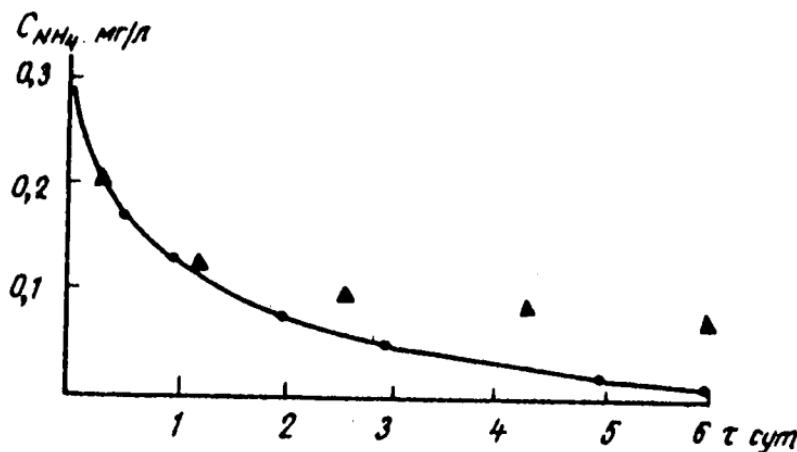


Рис. 5.4. Кривая самоочищения речной воды от аммонийного азота в основном русле Северной Двины.
Усл. обозн. см. на рис. 5.3.

В верхнем течении Северной Двины, по-видимому, за счет поступления о водами Малой Северной Двины и боковых притоков большого количества органических веществ иного генезиса процесс самоочищения замедляется, что прослеживается в снижении коэффициентов скорооти самоочищения. Далее вниз по течению самоочищение воды от органических веществ по показателям БИК₅ и аммонийному азоту практически не прослеживается. Фоновой концентрацией аммонийного азота для летней межени в основном русле Северной Двины по результатам объемки можно считать значения 0,05–0,08 мг/л, что соглашается со отмеченными характеристиками этого показателя за 1976–1985 гг. Фоновым значением БИК₅ для периода летней межени на основном русле по результатам объемки можно считать 2,04 мг/л, что несколько ниже отмеченной характеристики, полученной за 1975–1986 гг. (2,36 мг/л).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненная работа наряду с выводами, оформленными 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 выявленные 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 один 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 преобладанием зависимость режима биогенных компонентов от вегетационного периода обнаружить не удалось.

В течение всего года на участках, подверженных влиянию сточных вод, достаточно устойчиво проявляется статистическая связь значений BPK_5 с расходами воды. Подобные связи количества растворенного в воде кислорода с расходами воды в реке получены также для ряда отволов 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 тенденции. 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-I8 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 I9 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 характеристического диапазона такой изменчивости. При малых отличиях 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, вносящих несоответствием объемов наблюдений за различными ингредиентами.

Статистические характеристики минерализации водотоков
бассейна Северной Двины, мг/л

Водоток	№ створа	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	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
дельта	IV	0,3	0,3	392	55	406	419-336	487	303	10
	I	0,3	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	11
		дно	386	55	390	424-332	465	297	10	
	II	0,5	0,3	397	36	403	417-386	439	328	7

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	G	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
	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
	У	0,5	0,3	398	73	399	430-342	554	299	II
			дно	402	65	414	432-362	538	297	II
	VI	0,3	0,3	514	384	386	448-365	1597	294	10
			дно	II62	2II5	422	496-370	6393	324	8
		0,7	0,3	545	379	452	512-364	1597	319	10
			дно	I206	2I02	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	I272	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	I34	32	I27	I50-III	209	84	14
	II	0,5	0,3	87	43	90	I00-70	142	53	17
	III	0,5	0,3	II4	85	II7	II9-I03	132	69	13
Вычегда	I	0,5	0,3	42	8	42	46-38	55	30	9
	II	0,7	0,3	47	I8	40	58-35	79	31	8

Продолжение приложения I

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт. м	С	ε	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
	III	0,5	0,3	62	21	54	66-50	110	46	8
	IU	0,5	0,3	91	39	81	98-64	144	57	4
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	78	6	67	86-61	135	57	8
	II	0,5	0,3	80	7	81	83-79	94	66	10
	III	0,5	0,3	70	6	71	73-70	72	59	7
	IU	0,3	0,3	80	8	82	84-77	94	64	10
дельта	I	0,3	0,3	81	11	82	87-72	101	65	10
		дно	83	18	81	90-78	III	50	7	
		0,7	0,3	78	9	76	87-71	90	66	10
		дно	88	13	86	91-76	III	75	6	
	II	0,5	0,3	76	10	76	82-72	98	59	12
	III	0,5	0,3	85	16	82	95-74	116	61	14
	IU	0,5	0,3	77	12	75	82-70	99	56	10
	U	0,5	0,3	83	14	84	93-73	107	61	11
		дно	78	13	75	88-70	97	62	8	
	UI	0,3	0,3	78	9	75	82-72	97	69	11
		дно	81	7	81	85-75	94	71	8	
		0,7	0,3	80	9	80	84-73	97	70	11
		дно	82	6	81	84-76	97	75	7	
	UП	0,5	0,3	79	6	75	85-74	89	71	13

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n		
								макси- мум	мини- мум			
Уш	0,3	дно	81	7	79	86-75	94	73	8			
			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	2II-154	256	149	I2		
	II	0,5	0,3	223	29	218	252-198	271	193	9		
	III	0,5	0,3	245	30	255	270-2II	279	186	II		
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	I0		
	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	273-2I8	299	168	9		
	III	0,5	0,3	222	63	210	27I-165	309	164	7		
дельта	IV	0,3	0,3	220	52	200	249-193	332	158	I0		
	I	0,3	0,3	241	77	224	328-175	344	146	I2		
	0,7	дно	230	75	199	288-176	363	143	II			
			245	86	222	318-175	415	146	I2			
87												

Продолжение приложения I

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	δ	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
8	II	0,5	0,3	241	77	230	328-I76	346	152	10
	III	0,5	0,3	228	60	208	258-I92	346	163	15
	IU	0,5	0,3	233	66	220	300-I76	330	161	10
	U	0,5	0,3	367	441	243	295-I90	1682	143	II
			дно	756	I614	I92	265-I84	5058	143	9
	UI	0,3	0,3	465	451	I90	583-I83	I228	146	9
			дно	451	689	I88	231-I80	2012	137	7
		0,7	0,3	440	392	I89	583-I86	I228	147	9
			дно	393	451	I88	330-I79	I228	147	7
	UП	0,5	0,3	239	74	238	277-I86	348	148	9
			дно	232	73	I15	298-I74	339	145	8
Сухона	UIII	0,3	0,3	363	296	230	352-I78	I010	153	II
			дно	I214	2738	I21	390-I79	893	146	10
		0,7	0,3	432	480	222	356-I76	I706	134	II
			дно	I219	2738	I21	397-I69	8930	156	I0
					Осенъ					
Вычегда	I	0,3	0,3	207	I2	209	219-I98	222	188	4
	III	0,5	0,3	I70	35	I69	200-I38	I10	132	4
	I	0,5	0,3	III	I4	I13	I21-98	I26	96	5
	II	0,7	0,3	III	29	I21	I24-II6	I29	53	6
	III	0,5	0,3	I54	43	I54	I96-II9	206	98	6

Окончание приложения I

Водоток	Место	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина рода n
								макси- мум	мини- мум	
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
	ИУ	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
	У1	0,3	0,3	337	172	273	390-238	703	201	8
УП			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
		0,5	0,3	264	60	262	290-229	370	175	8
			дно	252	38	262	274-230	298	200	7
УШ	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	# створа	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	I78-I44	219	I29	I0
	II	0,5	0,3	188	37	182	201-I73	255	I19	II
	III	0,5	0,3	220	58	179	235-I65	279	I27	8
Вычегда	I	0,5	0,3	140	12	139	I47-I34	I59	I27	9
	II	0,7	0,3	126	8	125	I31-I20	I44	I17	9
	III	0,5	0,3	133	42	133	I39-I22	I60	I19	7
	IV	0,5	0,3	159	18	159	I71-I46	I83	I34	6
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	213	28	216	228-I87	262	I73	I0
	II	0,5	0,3	183	17	183	200-I74	205	I56	I0
	III	0,5	0,3	179	24	178	I88-I60	I14	I49	9
	IV	0,3	0,3	179	22	182	I90-I58	222	I42	I0
дельта	I	0,3	0,3	178	22	177	I93-I67	209	I40	II
		дно		178	24	180	I95-I60	209	I40	I0
		0,7	0,3	179	22	182	I92-I64	209	I40	II
		дно		179	22	181	I95-I59	209	I40	I0
II	II	0,5	0,3	187	15	190	I96-I82	202	I55	8
	III	0,5	0,3	181	18	183	I90-I73	208	I43	I6

Водоток	Н створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	ε	C	H	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
19	IУ	0,5	0,3	I80	22	I85	I93-I60	2II	I43	I0
		0,5	0,3	I77	26	I84	I95-I59	2II	I31	II
		дно	I86	32	I82	I92-I72	270	I43	I1	II
	УI	0,3	0,3	I76	20	I81	I86-I61	2I2	I40	II
		дно	I81	28	I82	I90-I67	246	I39	I0	
		0,7	0,3	I82	30	I81	I94-I62	246	I40	II
	УП	дно	I74	19	I84	I90-I66	192	I42	I1	II
		0,5	0,3	I75	20	I82	I90-I59	207	I42	I2
		дно	I70	20	I74	I87-I53	192	I43	I8	
	УШ	0,3	0,3	I71	30	I76	I91-I52	234	I05	I6
		дно	I66	32	I78	I88-I53	199	I00	I13	
		0,7	0,3	I69	30	I81	I91-I48	206	I05	I5
		дно	I61	34	I72	I86-I36	202	I00	I12	
Весеннее половодье										
Сухона	I	0,3	0,3	79	I7	76	90-29	II3	52	I6
	II	0,5	0,3	61	41	55	66-37	I92	I6	2I
	III	0,5	0,3	91	48	76	II2-58	I99	42	I5
	I	0,5	0,3	I9	5	I9	23-I5	27	I3	9
Вычегда	II	0,7	0,3	2I	I0	I6	25-I4	43	I4	8
	III	0,5	0,3	28	I2	27	28-20	54	I8	7
	IУ	0,5	0,3	47	23	44	67-26	75	24	5

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	ε	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
Северная Двина:										
основное руло	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	I0
	III	0,5	0,3	35	6	35	38-33	43	24	7
	IV	0,3	0,3	37	4	37	38-34	44	31	I0
дельта	I	0,3	0,3	36	6	35	41-34	44	25	II
			дно	35	9	38	40-36	41	16	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
	IV	0,5	0,3	36	6	35	38-34	48	24	II
	V	0,5	0,3	34	6	35	38-32	43	21	I2
			дно	35	7	36	41-29	45	25	8
	VI	0,3	0,3	34	5	34	37-32	46	26	I2
У			дно	36	6	37	41-31	44	27	8
		0,7	0,3	35	5	34	37-33	44	27	II
			дно	38	5	38	41-34	44	31	7
	VII	0,5	0,3	35	4	35	39-33	41	29	I3
			дно	36	4	36	39-32	41	30	8
УШ	0,3	0,3	35	6	36	40-30	44	26	I2	

Продолжение приложения 2

Водоток	№ створа	Верти-каль	Гори-зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Линия ряда <i>n</i>
								макси-мум	мини-мум	
Северная Двина:	Сухона	0,7	дно	40	6	4I	46-35	46	34	4
			0,3	34	5	32	37-30	43	26	I2
			дно	39	7	39	44-33	46	31	4
	Летняя межень									
	I	0,3	0,3	97	I2	94	I06-89	II8	77	I2
	II	0,5	0,3	I33	3I	I34	I43-I22	I93	85	II
	III	0,5	0,3	I37	2I	I38	I57-III	I63	I07	7
	Вычегда	I	0,5	0,3	93	22	96	I01-75	I28	54
		II	0,7	0,3	94	20	90	99-80	I40	70
		III	0,5	0,3	I0I	I6	I04	II4-89	III	75
		IV	0,5	0,3	87	3I	96	I02-9I	I10	44
	Основные характеристики									
дельта	основное русло	I	0,5	0,3	I39	I5	I38	I43-I27	I65	II7
		II	0,5	0,3	I28	I5	I26	I37-II7	I43	95
		III	0,5	0,3	II3	28	II6	I28-84	I56	83
		IV	0,3	0,3	I05	25	94	I24-92	I50	79
	дельта	I	0,3	0,3	I08	32	I06	I42-88	I50	48
		0,7	дно	I08	29	I06	I36-87	I49	67	I0
			0,3	I09	33	I04	I4I-88	I52	48	I2
		дно	дно	II0	30	I05	I39-90	I53	67	I0

Продолжение приложения 2

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n	
								макси- мум	мини- мум		
	II	0,5	0,3	I09	32	93	I23-85	I62	73	I0	
	III	0,5	0,3	I09	25	100	I24-94	I51	73	I5	
	IУ	0,5	0,3	II2	27	106	I37-88	I48	82	I0	
	У	0,5	0,3	II2	29	120	I34-90	I49	61	II	
			дно	III	32	94	I24-92	I68	65	9	
	VI	0,3	0,3	II3	27	II9	I35-92	I51	73	II	
			дно	I07	27	93	I28-90	I48	66	9	
		0,7	0,3	II3	27	II9	I34-90	I51	72	II	
			дно	I08	27	92	I28-91	I48	72	9	
	УП	0,5	0,3	II5	28	II6	I38-94	I54	76	II	
			дно	I07	28	I06	I26-85	I53	72	8	
	УШ	0,3	0,3	II7	30	II9	I41-90	I65	73	I5	
			дно	I06	26	I01	I26-86	I48	66	II	
		0,7	0,3	II5	30	II9	I40-90	I65	63	I5	
			дно	I05	25	98	I22-85	I47	76	II	
				Осень							
Сухона	III	0,5	0,3	80	24	84	96-62	I26	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	

Северная
Двина:

Окончание приложения 2

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
основное руло	II	0,5	0,3	90	15	96	I02-I71	I04	71	6
	III	0,5	0,3	85	34	65	94-59	I30	57	5
	дельта	I	0,3	III	31	I15	I30-87	I57	52	I0
		дно	II4	21	II8	I32-I01	I36	79	8	
	У	0,7	0,3	II5	33	I24	I37-87	I60	52	I0
		дно	II7	23	I24	I34-I02	I40	79	8	
	И	0,5	0,3	I22	26	I28	I36-I04	I56	79	8
		III	0,5	93	26	91	II4-77	I37	46	I4
	ИУ	0,5	0,3	II8	23	I20	I34-I06	I57	78	I0
		У	0,5	0,3	II2	30	II4	I31-91	I65	67
У	И	дно	II2	23	I22	I28-97	I36	76	7	
		0,3	0,3	II8	22	II9	I34-I07	I56	80	9
	И	дно	II5	20	I20	I31-I02	I36	79	8	
		0,7	0,3	II7	22	I20	I28-I07	I52	80	9
	ИУ	дно	II4	18	I21	I26-I02	I36	80	8	
		0,5	0,3	II9	23	I20	I35-I04	I56	76	I0
	ИУ	дно	II4	24	I25	I32-I02	I37	70	7	
		0,3	0,3	II3	26	I09	I31-I05	I54	62	9
	ИУ	дно	I06	25	I07	I21-96	I37	64	7	
		0,7	0,3	I08	30	I04	I31-I01	I51	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	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								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	II
	III	0,5	0,3	73	38	70	84-53	151	22	8
	IV	0,5	0,3	54	7	55	59-54	63	37	9
Вычегда	I	0,5	0,3	30	10	27	27-26	51	22	9
	II	0,7	0,3	81	34	78	82-64	152	46	7
	III	0,5	0,3	65	10	66	74-56	77	54	8
	IV	0,5	0,3	37	10	28	53-24	77	8	9
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	67	13	65	73-58	96	47	10
	II	0,5	0,3	94	19	102	108-81	119	67	9
	III	0,3	0,3	92	16	100	102-74	112	69	10
	IV	0,3	0,3	95	15	101	104-85	112	67	II
дельта	I	0,3	0,3	92	15	96	105-79	110	66	10
	II	0,7	0,3	91	18	101	104-74	114	67	II
	III	0,7	0,3	90	17	94	104-73	110	66	10
	IV	0,5	0,3	97	10	100	104-80	108	78	8

Продолжение приложения 3

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	ε	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
9	III	0,5	0,3	95	I9	96	I03-82	I42	64	I6
	IU	0,5	0,3	94	I6	98	I06-75	II3	71	I0
	У	0,5	0,3	91	I8	I00	I02-74	II5	65	II
			дно	95	I6	98	I08-82	II3	67	II
	УI	0,3	0,3	97	37	98	I08-77	I84	43	I0
			дно	I36	I31	93	II5-74	458	68	8
		0,7	0,3	I00	39	I02	III-73	I84	43	I0
			дно	I41	I30	I04	I24-76	458	66	8
	УII	0,5	0,3	83	20	79	99-73	I06	34	I3
			дно	85	I3	86	98-74	I00	68	8
Вычегда	УIII	0,3	0,3	I20	81	94	I27-74	367	41	I5
			дно	I06	38	I04	II7-76	I99	69	II
		0,7	0,3	II9	66	97	I23-79	302	66	I3
			дно	I25	95	I00	I24-75	387	67	I0
	Весеннее половодье									
	Сухона	I	0,3	0,3	I8	8	I6	2I-I2	38	8
		II	0,5	0,3	I3	4	22	I6-9	2I	3
		III	0,5	0,3	20	I4	I7	27-9	58	4
	Вычегда	I	0,5	0,3	8	4	8	I0-7	I3	3
		II	0,7	0,3	I0	5	I2	I2-7	I8	1
		III	0,5	0,3	I8	6	I8	2I-I2	30	I2
		IU	0,5	0,3	I8	8	2I	2I-I2	3I	7

Продолжение приложения 3

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	ε	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
Северная Двина:										
		основное русло								
	I	0,5	0,3	8	2	8	I0-I5	I3	3	9
	II	0,5	0,3	I2	3	II	I4-I0	I9	9	I0
	III	0,5	0,3	I5	3	I6	I7-I4	I7	8	7
	IV	0,3	0,3	I9	3	20	I2-I8	23	I3	I0
88	дельта	I	0,3	I8	5	I8	22-I6	28	9	I2
			дно	I9	7	I8	20-I6	35	I3	7
			0,7	I7	5	I8	20-I6	24	5	I2
			дно	20	7	I8	20-I6	35	I2	7
		II	0,5	0,3	I8	3	I7	I2-I6	24	I5
		III	0,5	0,3	20	4	20	23-I6	25	I2
		IV	0,5	0,3	I9	4	I7	22-I6	26	I5
		У	0,5	0,3	25	9	24	29-I8	4I	I5
			дно	I9	3	I8	21-I6	24	I5	8
		УI	0,3	0,3	I9	4	I8	22-I7	28	I3
			дно	20	3	I9	20-I8	26	I6	8
			0,7	0,3	20	4	20	24-I7	28	I3
			дно	20	2	I9	21-I8	23	I8	7
	УП	0,5	0,3	I9	3	20	21-I8	23	II	I4
			дно	2I	3	20	23-I8	26	I8	8

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	ε	C	H	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
69	Уш	0,3	0,3	2I	5	22	24-16	29	I5	I2
		дно	I8	3	I8	2I-16	22	I6	4	
		0,7	0,3	I9	5	I8	24-15	29	I2	I4
		дно	20	3	20	22-17	23	I6	4	
	Летняя межень									
	Сухона	I	0,3	40	I8	37	46-26	80	2I	I2
Вычегда	II	0,5	0,3	28	I0	29	30-15	44	II	II
	III	0,5	0,3	43	I5	39	57-36	62	I8	I2
	I	0,5	0,3	35	I5	34	40-22	67	2I	8
	II	0,7	0,3	20	7	22	24-18	29	5	I0
Северная Двина:	III	0,5	0,3	47	I6	43	62-4I	68	I9	8
	IУ	0,5	0,3	5I	I0	5I	59-44	64	36	6
	основное русло	I	0,5	0,3	24	3	23	38-16	I5	8
	II	0,5	0,3	4I	8	39	49-35	52	28	9
дельта	III	0,5	0,3	59	30	56	70-44	92	33	7
	IУ	0,3	0,3	53	2I	45	67-42	97	30	I0
	I	0,3	0,3	59	22	56	79-39	97	3I	I2
	дно		54	25	46	70-35	I08	3I	II	
	-0,7	0,3	6I	30	56	72-40	I4I	30	I2	

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
100			дно	48	18	40	65-32	79	30	10
	П	0,5	0,3	53	17	49	68-39	77	32	10
	Ш	0,5	0,3	51	14	47	60-42	77	32	15
	ИУ	0,5	0,3	52	17	46	67-40	80	32	10
	У	0,5	0,3	73	60	55	60-42	245	36	II
			дно	II4	213	44	66-38	686	30	9
	УИ	0,3	0,3	81	65	54	II2-39	220	31	10
			дно	72	76	42	63-40	257	29	8
		0,7	0,3	79	61	54	II2-36	220	31	10
			дно	70	51	52	81-38	187	31	8
УП	0,5	0,3	II5	28	II6	I38-94	I54	76	II	
			дно	I07	28	I06	I26-85	I53	72	8
	УШ	0,3	0,3	90	69	73	I02-38	296	32	I5
			дно	70	50	48	85-34	183	32	I0
		0,7	0,3	95	77	73	I43-41	290	25	I5
			дно	71	56	46	78-36	206	32	I0
Осень										
Вычегда	I	0,3	0,3	34	10	38	39-35	57	I4	8
	Ш	0,5	0,3	30	15	27	40-20	43	I7	5
	I	0,5	0,3	22	7	21	27-19	34	I0	8
	П	0,7	0,3	I4	4	I6	I7-I0	I8	I0	9
	Ш	0,5	0,3	37	I4	35	44-25	60	23	6

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	G	C	H	Экстремум		Длина ряда n
								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	0,3	60	19	65	73-41	94	35	10
				дно	60	13	64	66-53	78	39
I	II	0,7	0,3	60	19	64	72-41	88	35	10
				дно	61	15	64	72-48	78	39
II	III	0,5	0,3	60	18	60	73-43	88	38	8
				дно	46	10	46	53-38	65	31
III	IV	0,5	0,3	59	15	55	73-51	83	38	10
				дно	57	17	53	65-44	94	38
IV	V	0,5	0,3	58	13	60	68-48	75	40	7
				дно	92	59	62	108-52	211	48
V	VI	0,3	0,3	120	155	58	96-52	499	45	8
				дно	93	56	74	105-53	211	48
VI	VII	0,7	0,3	130	153	67	130-51	499	46	8
				дно	57	18	56	63-45	92	26
VII	VIII	0,5	0,3	59	11	61	64-52	75	45	7
				дно	63	37	53	60-43	155	33
VIII	IX	0,3	0,3	52	14	51	58-44	75	33	7
				дно	59	37	48	58-42	151	28
IX	X	0,7	0,3	49	15	48	54-42	75	26	9
				дно	59	37	48	54-42	75	26

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

Водоток	Ж створа	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	8	3	7	II-5	I3	3	10	
	II	0,5	0,3	7	3	6	9-5	I4	4	11	
	III	0,5	0,3	9	3	7	I3-6	I6	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	I0	4	9	
	III	0,5	0,3	7	I	8	8-6	8	6	8	
	IV	0,5	0,3	I4	I	I3	I4-I3	I5	I3	7	
Северная Двина:											
основное русло	I	0,5	0,3	I0	3	I0	I2-7	I7	6	10	
	II	0,5	0,3	I4	4	I5	I8-II	I8	9	10	
	III	0,5	0,3	I6	5	I6	I8-I3	I9	I2	9	
дельта	IV	0,3	0,3	23	2I	I6	24-I4	74	I2	10	
	I	0,3	0,3	I7	3	I7	I9-I5	22	I3	II	
			дно	I7	3	I6	I8-I6	2I	I2	II	
			0,7	0,3	I5	3	I5	I6-I3	20	I2	II
				дно	I6	4	I5	I7-I3	26	I3	II
	II	0,5	0,3	I4	2	I4	I6-I3	I6	II	8	

Водоток	# отвора	Верти-каль	Гори-зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								макси-мум	мини-мум	
103	III	0,5	0,3	21	27	I4	I7-I2	I20	7	I6
	IУ	0,5	0,3	I4	2	I4	I5-I2	I8	II	I0
	У	0,5	0,3	24	31	I5	I8-I2	II8	II	II
			дно	25	31	I4	I8-I4	II6	I0	II
	УI	0,3	0,3	28	I7	24	34-I5	67	II	I0
			дно	76	II6	21	94-I4	336	I3	8
		0,7	0,3	38	24	30	50-22	88	I4	I0
			дно	I03	I30	26	I96-I6	336	II	8
	УП	0,5	0,3	I5	4	I5	I8-I3	23	I0	II
			дно	I5	5	I5	I6-I2	26	I0	8
Сухона	УШ	0,3	0,3	I63	396	32	68-26	I4II	I4	I2
			дно	292	7I7	35	I53-25	232I	I5	I0
		0,7	0,3	I55	372	34	66-25	I327	I2	I2
			дно	234	533	36	I53-24	I736	I5	I0
Весеннее половодье										
Вычегда	I	0,3	0,3	5	3	4	6-2	I2	I	I6
	II	0,5	0,3	4	4	2	4-I	I5	0	2I
	III	0,5	0,3	3	4	I	4-I	I5	0	I5
	I	0,5	0,3	2	I	2	3-2	4	2	9
	II	0,7	0,3	3	I	3	4-2	5	2	8
И	III	0,5	0,3	3	I	3	3-2	6	2	8
	IV	0,5	0,3	4	2	4	4-3	6	3	7

Водоток	№ отверса	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	ε	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								мако- мум	мини- 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	10
	III	0,5	0,3	2	I	2	2-2	4	2	7
	IU	0,3	0,3	3	I	3	4-2	6	2	10
дельта	I	0,3	0,3	4	I	3	4-3	6	2	II
			дно	5	3	5	6-4	10	2	7
		0,7	0,3	3	I	3	4-2	6	2	II
			дно	5	3	3	6-2	10	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
	IU	0,5	0,3	3	I	2	3-2	5	2	II
	U	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	I8	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
	UШ	0,3	0,3	10	20	4	6-3	72	2	II
			дно	3	I	4	4-2	4	2	4

Продолжение приложения 4

Водоток	# отверса	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n	
								макси- мум	мини- мум		
			0,7	0,3	I2	20	5	8-3	72	2	II
				дно	8	7	5	I2-2	I8	2	4
Летняя межень											
Сухона	I	0,3	0,3	4	2	4	6-3	7	I	I2	
	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	I2	
	IV	0,5	0,3	4	I	4	5-3	6	2	8	
СО1 Вычегда	I	0,5	0,3	6	2	6	7-4	II	3	I0	
	II	0,7	0,3	7	4	6	7-5	I7	4	8	
	III	0,5	0,3	7	4	6	7-5	I7	4	8	
	IV	0,5	0,3	II	4	I2	I4-I0	I5	4	6	
Северная Движа:											
основное руло	I	0,5	0,3	7	2	7	9-6	II	4	I0	
	II	0,5	0,3	I0	3	I0	I2-8	I4	5	9	
	III	0,5	0,3	7	2	6	8-4	I0	4	7	
	IV	0,3	0,3	I0	4	9	I3-7	I8	7	I0	
дельта	I	0,3	0,3	I0	5	9	I4-6	I9	4	I3	
				дно	9	5	I2-6	I8	4	II	
				0,7	0,3	I0	6	8	I4-6	I2	
				дно	9	5	8	I2-6	I8	4	
	II	0,5	0,3	II	8	8	I9-4	23	3	I0	

Продолжение приложения 4

Водоток	№ отвора	Верти-каль	Гори-зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								макси-мум	мини-мум	
Ю	III	0,5	0,3	8	4	7	10-6	16	3	I5
	IV	0,5	0,3	9	6	8	17-5	18	3	I0
	У	0,5	0,3	79	228	9	15-6	767	4	II
			дно	92	251	9	II-6	762	4	9
	УI	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
	УII	0,5	0,3	22	36	10	16-8	129	5	II
			дно	24	45	8	10-7	143	4	9
ЮII	УIII	0,3	0,3	193	437	24	179-10	1652	4	I4
			дно	501	1406	18	34-10	4700	8	II
		0,7	0,3	212	450	30	179-10	1652	8	I4
			дно	514	1407	18	46-8	4700	4	II
Осень										
Сухонь	I	0,3	0,3	5	3	5	6-4	10	0	8
	III	0,5	0,3	3	2	3	4-I	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	Верти- каль	Гори- зонт	С	ε	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								мако- мум	мини- мум	
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	0,3	I2	4	I2	I5-8	20	7	10
		дно	II	3	I2	I3-8	I5	7	7	8
		0,7	0,3	I0	2	I0	II-8	I3	7	10
		дно	I0	2	I0	I2-8	I2	7	7	8
	II	0,5	0,3	II	5	I0	I2-8	21	5	8
	III	0,5	0,3	6	3	6	8-4	I0	2	I4
	IIV	0,5	0,3	I3	I0	8	I4-7	40	7	I0
	IV	0,5	0,3	9	4	8	I0-7	I8	6	I0
		дно	9	2	9	I0-8	II	7	7	
	V	0,3	0,3	28I	708	I8	50-8	2I60	6	9
		дно	370	89I	I6	I74-8	2560	6	8	
		0,7	0,3	284	706	37	49-I4	2I60	7	9
		дно	383	885	40	I97-I2	2560	8	8	
	VI	0,5	0,3	II	5	I0	II-8	23	6	I0
		дно	I2	7	II	I2-I0	27	6	7	
	VII	0,3	0,3	3I	29	I8	32-I4	I02	II	9
		дно	I8	7	I4	22-I4	29	I2	7	
		0,7	0,3	3I	28	22	29-I5	I0I	II	9
		дно	20	7	I8	25-I4	30	I2	7	

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

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда n
								мако- мум	мино- 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 руло	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	0,3	66	9	67	72-62	78	48	II
			дно	66	10	68	73-58	78	48	10
			0,7	0,3	66	9	68	70-62	78	48
				дно	66	10	68	72-57	78	48
	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

Продолжение приложения 5

Водоток	№ отверса	Верти-каль	Гори-зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								макси-мум	мини-мум	
601	IУ	0,5	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	I0	68	76-61	82	50	II
			дно	80	36	68	77-58	I64	53	I0
		0,7	0,3	70	I2	70	78-62	88	50	II
			дно	80	36	68	80-58	I64	51	I0
	УII	0,5	0,3	62	9	62	68-55	75	50	I0
			дно	61	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	I07	49	II
		0,7	0,3	64	I4	64	68-52	96	47	I3
			дно	67	I7	64	72-58	I05	47	I0.
Весеннее половодье										
Сухона	I	0,3	0,3	23	7	20	26-18	42	I5	I6
	II	0,5	0,3	I7	I0	I5	I7-I3	54	9	2I
	III	0,5	0,3	25	I4	2I	32-I6	62	I3	I5
	I	0,5	0,3	7	2	7	8-6	I0	3	9
Вычегда	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	I0	I3-I0	25	5	6

Продолжение приложения 5

Водоток	Место	Вертикаль	Горизонт, м	С	S	C	H	Экстремум		Длина ряда n
								макси-мум	мини-мум	
Северная Двина:										
основное руло	I	0,5	0,3	I5	9	I3	I6-I0	42	8	I6
	II	0,5	0,3	I4	I	I4	I5-I3	I7	I2	I0
	III	0,5	0,3	I3	I	I3	I3-I3	I6	I0	7
	IV	0,3	0,3	I4	I	I4	I5-I3	I6	II	I0
дельта	I	0,3	0,3	I6	5	I5	I7-I2	32	I0	I4
			дно	I6	4	I6	I6-I4	25	II	7
		0,7	0,3	I5	6	I4	I7-I2	32	I0	I4
			дно	I6	4	I5	I6-I4	25	I3	7
	II	0,5	0,3	I4	2	I4	I6-I3	I8	I0	I4
	III	0,5	0,3	I6	3	I6	I9-I4	2I	II	I4
	IV	0,5	0,3	I4	3	I3	I6-I2	I8	I0	I4
	V	0,5	0,3	I5	3	I4	I7-I3	20	I0	I4
			дно	I5	2	I4	I7-I4	I8	I3	8
	VI	0,3	0,3	I5	2	I5	I6-I3	I7	I3	I2
			дно	I5	I	I4	I6-I4	I7	I3	8
		0,7	0,3	I4	2	I5	I5-I3	I7	I2	II
			дно	I5	I	I5	I6-I4	I7	I3	7
УП	0,5	0,3	I5	I	I4	I6-I4	I7	I3	I3	I3
			дно	I4	2	I4	I6-I3	I7	I2	8
УШ	0,3	0,3	I4	2	I3	I5-I3	I8	II	I2	

Продолжение приложения 5

Водоток	№ отверса	Вертикаль	Горизонт, м	С	ε	С	Н	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>	
								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	
			Летний максимум								
III	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	II
	Вичегда	III	0,5	0,3	40	3	38	42-38	47	38	7
		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 руслло	основное руслло	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	II	
	0,7		0,3	41	12	40	51-31	60	24	14	
			дно	39	12	34	48-30	60	24	II	

Продолжение приложения 5

Водоток	№ отверса	Вертикаль	Горизонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								максимум	минимум	
II	II	0,5	0,3	39	12	36	50-29	58	25	13
	III	0,5	0,3	40	9	36	52-29	69	25	13
	IV	0,5	0,3	41	13	36	52-29	69	25	13
	У	0,5	0,3	42	14	42	55-81	71	21	14
		дно	37	10	33	44-32	55	24	8	
	VI	0,3	0,3	41	12	40	46-33	64	26	10
		дно	39	15	34	45-30	72	25	8	
		0,7	0,3	41	12	40	47-31	60	25	10
		дно	39	13	33	46-30	66	25	8	
	VII	0,5	0,3	40	10	40	46-35	56	25	10
		дно	39	10	38	46-32	55	25	8	
Сухона	VIII	0,3	0,3	42	11	43	52-31	60	27	15
		дно	46	29	36	50-30	125	23	II	
		0,7	0,3	42	13	43	52-31	62	21	15
		дно	46	29	36	47-28	125	26	II	
					Осень					
Вычегда	I	0,3	0,3	30	7	31	32-30	33	14	8
	III	0,5	0,3	24	7	24	31-18	39	19	5
	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
								мако- мум	мини- мум	
Северная Двина:										
основное руло	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	I2	4I	48-29	56	20	I2
			дно	42	9	44	48-34	53	29	8
		0,7	0,3	39	II	4I	50-29	56	2I	I2
			дно	42	8	43	48-34	5I	29	8
	II	0,5	0,3	4I	I0	40	49-3I	56	26	I0
	III	0,5	0,3	34	8	33	4I-29	50	I8	I4
IV	0,5	0,3	4I	I0	42	49-35	56	24	I2	
У	0,5	0,3	40	9	4I	47-3I	56	26	II	
			дно	40	7	40	46-34	48	32	7
VI	0,3	0,3	50	24	4I	48-37	I07	30	9	
			дно	48	24	4I	48-36	I07	3I	8
		0,7	0,3	50	23	43	49-37	I07	30	9
			дно	50	24	4I	52-36	I07	30	8
VII	0,5	0,3	42	7	4I	46-39	56	30	I0	
			дно	4I	7	42	46-37	48	29	7
VIII	0,3	0,3	36	I0	36	44-30	56	22	I0	
			дно	35	6	36	37-34	43	24	7
		0,7	0,3	34	II	34	38-24	56	22	I0
			дно	32	7	35	4I-25	4I	22	7

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

Приложение 6

Водоток	№ отверса	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- 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 руло	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	0,3	I5	2	I5	I6-I4	20	I2	II
			дно	I5	2	I5	I6-I3	I8	I2	I0
			0,7	0,3	I5	3	I5	I7-I4	20	I2
				дно	I5	2	I5	I6-I3	I8	I2
					I5	2	I4	I6-I4	I8	I2
						I5	I6-I4	I8	I2	8
						I6	I6-I4	I7	I2	I6
						I5	I6-I3	22	I2	I2
	IV	0,5	0,3	I5	3	I5	I6-I3	21	I2	I2
	V	0,5	0,3	I6	3	I6	I7-I3			

Продолжение приложения 6

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	Б	С	- Н	Экстремум		Длина ряда n
								макои- мум	мини- мум	
У1	0,3	дно	15	2	15	16-14	16	II	II	
		0,3	21	16	14	15-14	58	12	II	
		дно	77	128	15	46-14	383	12	10	
	0,7	0,3	22	16	15	20-14	58	13	II	
		дно	79	127	16	45-14	383	13	10	
		0,5	14	2	14	15-12	17	II	10	
УП	0,5	дно	14	2	14	16-12	18	12		
		0,3	24	26	16	19-14	III	II	I4	
		дно	35	49	16	26-14	176	12	II	
	0,7	0,3	27	27	16	18-14	107	12	I3	
		дно	33	38	16	30-14	132	12	10	
Весеннее половодье										
Сухона	I	0,3	0,3	6	3	7	8-5	13	2	I6
	II	0,5	0,3	5	4	5	6-3	18	2	2I
	III	0,5	0,3	7	4	6	10-3	14	2	I5
Вычегда	I	0,5	0,3	I	0,5	I	2-I	2	0	9
	II	0,7	0,3	2	I	2	2-I	4	I	8
	III	0,5	0,3	2	I	2	2-I	4	I	8
	IV	0,5	0,3	4	2	4	2-2	8	2	6

Северная Двина:

Продолжение приложения 6

Водоток	№ отверстия	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								мако- мум	мини- мум	
основное рудо	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
	IV	0,3	0,3	3	1	3	3-3	4	2	10
	дельта	I	0,3	0,3	3	1,8	3	3-2	9	2
		дно	3	1,0	4	4-2	4	2	7	
	I	0,7	0,3	3	1,3	3	4-2	7	2	14
		дно	3	1,0	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
	IV	0,5	0,3	3	1,1	3	3-2	6	2	14
II	У	0,5	0,3	3	1,1	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	
	УII	0,7	0,3	3	0,8	3	4-3	4	2	11
		дно	3	0,7	3	4-3	4	2	7	
	УIII	0,5	0,3	3	1,0	3	4-2	4	1	13
		дно	3	0,9	3	4-2	4	2	8	
	УIV	0,3	0,3	3	0,8	3	3-2	4	2	12
		дно	4	0,6	4	4-3	4	3	4	
	УV	0,7	0,3	3	1,0	3	4-2	5	2	13
		дно	3	0,5	3	4-3	4	3	4	

Продолжение приложения 6

Водоток	Н створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	ε	С	Н	Экстремум		Длина ряда n	
								макси- мум	мини- мум		
Летний 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				I0	3	I0	I0-8	I5	7	
	I	0,5	0,3	I0	I	I0	I0-9	II	7	9	
	II	0,5	0,3	9	2	8	I0-8	I4	7	7	
	III	0,5	0,3	9	2	8	I0-7	I2	5	I0	
	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
				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	

Продолжение приложения 6

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда π
								макси- мум	мини- мум	
III	У	0,5	0,3	15	17	8	II-7	58	6	14
			дно	9	3	8	IO-8	14	5	8
	УI	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	I4-6	51	6	8
	УII	0,5	0,3	9	3	10	I2-6	13	5	10
			дно	8	3	8	II-6	13	5	8
	УIII	0,3	0,3	21	20	12	28-8	84	6	15
			дно	41	94	9	II-8	32I	6	II
		0,7	0,3	22	22	II	28-8	84	5	15
			дно	42	94	9	I2-8	32I	6	II
Осень										
Сухона	I	0,3	0,3	10	I	10	II-10	14	4	8
	III	0,5	0,3	8	4	7	IO-5	12	10	5
Вычегда	I	0,5	0,3	5	I	4	6-4	7	4	8
	II	0,7	0,3	4	2	5	5-4	6	I	6
	III	0,5	0,3	6	2	5	7-4	9	3	6
Северная Двина:										
основное русло	II	0,5	0,3	8	I	7	9-6	10	6	6

Окончание приложения 6

Водоток	№ отверса	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макои- мум	мини- мум	
дельта	III	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	I2-8	15	7	10
	III	0,5	0,3	8	2	8	I0-6	II	4	14
	IУ	0,5	0,3	10	2	10	I2-8	13	7	12
	У	0,5	0,3	II	3	10	I3-8	16	6	II
		дно	9		2	10	II-8	12	6	7
УI	0,3	0,3	I9	I5	I2	26-I0	51	8	9	
		дно	43	85	II	22-8	252	8	8	
	0,7	0,3	I8	I6	II	I2-I0	51	8	9	
		дно	47	84	I2	34-I0	252	8	8	
УП	0,5	0,3	10	2	10	II-8	14	6	10	
		дно	9	2	10	I0-8	12	7	7	
УШ	0,3	0,3	I3	I0	I0	I2-8	42	6	10	
		дно	9	2	9	II-8	12	6	7	
	0,7	0,3	I2	9	I0	I2-7	38	6	10	
		дно	I0	2	9	II-8	12	7	7	

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

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								мако- мум	мини- мум	
Зимняя межень										
Сухона ^I	I	0,3	0,3	6	7	4	7-2	24	0	10
	II	0,5	0,3	II	7	II	18-5	24	2	II
	III	0,5	0,3	IO	5	9	13-8	17	1	6
	IV	0,5	0,3	3,6	0,7	3,7	4,2-3,6	4,3	2,4	5
Вычегда	I	0,5	0,3	I2	3	I2	I4-I0	16	8	9
	II	0,7	0,3	I2	3	I2	I4-I0	16	8	9
	III	0,5	0,3	9	3	9	I3-II	14	5	5
	IV	0,5	0,3	I3	5	I4	I9-9	20	6	II
Северная Двина:										
основное русло	II	0,5	0,3	I7	6	I6	I9-I2	28	7	6
	III	0,5	0,3	I6	3	I5	I9-I3	21	I3	4
	IV	0,3	0,3	I7	3	I7	I9-I4	22	I3	8
дельта	I	0,3	0,3	I8	3	I9	20-I5	22	I5	5
			дно	I8	3	I8	20-I5	21	I5	5
				I7	3	I6	I9-I5	20	I3	5
			дно	I6	3	I5	I8-I5	20	I3	5
	II	0,5	0,3	I6	-	I6	-	I6	I6	2
	III	0,5	0,3	I5	3	I4	I7-I3	20	I3	5
	IV	0,5	0,3	I7	4	I5	20-I4	23	I4	5
	V	0,5	0,3	I6	3	I5	I8-I4	20	I3	5
			дно	I6	3	I6	I8-I4	20	I3	5

Водоток	# отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
121	У1	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	
	У2	0,5	0,3	16	3	15	19-14	19	14	5
		дно	16	2	15	18-14	19	14	5	
	У3	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 ^{1ж}	I	0,3	0,3	4	4	2	4-2	15	1	14
	II	0,5	0,3	2	3	1	3-0	13	0	17
	III	0,5	0,3	4	5	2	5-1	18	0	13
	IV	0,5	0,3	1,3	0,6	1,1	1,8-0,8	2,4	0,5	9
Вычегда	I	0,7	0,3	3,3	2,3	2,3	5,1-1,6	8,4	1,0	14
	II	0,5	0,3	2,9	1,9	2,1	4,5-1,5	6,3	1,3	11
	III	0,5	0,3	3,3	2,7	2,0	4,2-1,7	12	1	16
	IV	0,5	0,3	3,3	2,7	2,0	4,2-1,7	12	2	9
Северная Двина:										
основное русло	II	0,5	0,3	5	3	4	6-3	12	2	9

Продолжение приложения 7

Водоток	№ отверса	Вертикаль	Горизонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								макси-мум	мини-мум	
дельта	III	0,5	0,3	5	4	3	II-3	II	2	6
	IV	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
	III	0,5	0,3	3	1,0	3	3-2	4	2	6
	IV	0,5	0,3	2	0,5	2	3-2	4	2	6
	V	0,5	0,3	3	0,6	3	3-2	3	2	6
У			дно	3	0,5	3	4-3	4	2	4
	VI	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
	VII	0,5	0,3	2	0,5	2	3-2	3	2	6
			дно	2	0,6	2	3-2	3	2	4
	VIII	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
У2			дно	6	3,9	4	8-3	II	2	4

Водоток	# створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- 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	I0
	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,I	3,5	I,3	7
	II	0,7	0,3	7	0,9	7	8-5	I0	4	I2
	III	0,5	0,3	4	I	5	5-3	6	2	7
	IV	0,5	0,3	10	6	8	9-6	23	4	I6
Зима										
Северная Двина:										
основное русло	II	0,5	0,3	II	2	I0	II-8	I2	7	8
	III	0,5	0,3	8	2	7	9-7	II	6	8
	IV	0,3	0,3	10	3	9	II-8	I3	6	8
дельта	I	0,3	0,3	10	4	9	II-7	I7	7	6
			дно	10	4	9	II-7	I7	6	6
			0,7	0,3	10	4	8	I2-7	I6	7
				дно	10	4	8	II-7	I6	6
					9	8	II-6	I8	6	6
					5	8	II-6	I6	6	6
					4	9	II-6	I6	6	6
					4	8	IO-7	I7	6	6
У	IV	0,5	0,3	9	3	I0	II-9	I6	8	6
	У	0,5	0,3	10	3	9	IO-7	I6	7	6

Продолжение приложения 7

Водоток	Место	Вертикаль	Горизонт, м	С	ε	С	Н	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								максимум	минимум	
124	У1	0,3	0,3	51	103	8	15-7	260	6	6
		дно	75	163	8	12-7	408	6	6	
		0,7	0,3	43	75	9	29-8	196	7	6
		дно	60	106	10	52-7	272	7	6	
	У2	0,5	0,3	10	6	8	12-6	23	6	6
		дно	10	5	9	12-6	19	6	6	
	У3	0,3	0,3	47	83	15	18-II	215	6	6
		дно	58	III	14	18-II	284	9	6	
		0,7	0,3	105	223	14	25-I0	560	9	6
		дно	43	72	14	24-I0	189	6	6	
Осень										
Вычегда	I	0,5	0,3	3,1	0,6	2,8	4,1-2,1	5,2	1,8	4
Северная Двина:										
основное русло	III	0,5	0,3	8	2	7	9-6	10	6	6
	IУ	0,5	0,3	II	4	10	14-8	18	6	8
дельта	I	0,3	0,3	I3	4	14	16-8	16	8	6
		дно	I3	4	14	16-9	16	8	6	
		0,7	0,3	II	3	II	14-8	16	8	6
		дно	II	3	II	14-9	15	8	6	
	II	0,5	0,3	II	4	9	12-8	17	7	5

Окончание приложения 7

Водоток	№ отверса	Вертикаль	Горизонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								максимум	минимум	
I25	III	0,5	0,3	9	2	10	10-8	12	6	6
	IV	0,5	0,3	10	2	9	11-8	13	7	6
	У	0,5	0,3	II	4	9	12-8	19	7	6
			дно	10	3	9	12-8	14	7	5
	VI	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
	VII	0,5	0,3	II	3	II	12-8	16	8	5
			дно	I2	3	I2	13-II	17	9	5
	VIII	0,3	0,3	I8	5	I8	21-14	25	II	6
			дно	I8	5	I8	24-14	25	II	6
		0,7	0,3	I7	5	I6	22-14	24	10	6
			дно	I8	5	I6	23-16	23	10	6

¹ По 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	Н ство́ра	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда "n"
								макси- мум	мини- 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	II
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
	V	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	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n	
								макси- мум	мини- мум		
127	УI	0,3	0,3	I,7	0,3	I,8	2,0-I,5	2,0	I,3	4	
		дно	1,5	0,4	I,6	I,8-I,2	I,8	I,0	I,0	4	
	УII	0,7	0,3	2,0	0,8	I,7	2,4-I,6	3,1	I,4	4	
		дно	I,5	0,5	I,6	I,8-I,2	2,0	0,9	I,4	4	
	УIII	0,5	0,3	I,5	0,2	I,5	I,5-I,4	I,8	I,3	5	
		дно	2,I	I,I	I,5	I,9-I,5	4,I	I,4	I,4	5	
128	УI	0,3	0,3	2,I	0,3	2,I	2,4-I,8	2,5	I,8	4	
		дно	2,2	0,2	2,2	2,4-2,0	2,5	I,9	I,9	4	
	УII	0,7	0,3	2,I	0,3	2,0	2,3-I,9	2,5	I,9	4	
		дно	2,I	0,3	2,0	2,4-I,8	2,5	I,8	I,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
Северная Двина:	I	0,7	0,3	I,0	0,2	I,0	I,2-0,8	I,3	0,6	I2	
		III	0,5	0,3	0,8	0,2	0,9	0,9-0,5	I,2	0,4	II
	II	0,5	0,3	0,9	0,2	0,8	I,0-0,7	I,3	0,5	I4	
		IV	0,3	0,3	I,4	0,2	I,3	I,5-I,2	I,8	I,1	9
	основное русло	III	0,5	0,3	I,2	0,2	I,3	I,3-I,1	I,4	0,8	7
		IV	0,3	0,3	I,0	0,3	0,9	I,3-0,8	I,4	0,7	6
дельта	I	0,3	0,3	I,I	0,1	I,I	I,3-I,0	I,3	I,0	6	
		дно	I,2	0,4	I,I	I,5-0,9	I,8	0,8	I,0	4	

Продолжение приложения 8

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n	
								макси- мум	мини- мум		
I28			0,7	0,3	I,0	0,2	I,0	I,3-I,0	I,3	0,8	6
			дно	I,2	0,4	I,0	I,4-0,8	I,8	0,8	4	
	II	0,5	0,3	0,9	0,3	I,0	I,I-I,0	I,2	0,3	6	
	III	0,5	0,3	I,2	0,3	I,0	I,5-0,9	I,7	0,9	6	
	IU	0,5	0,3	I,1	0,2	I,I	I,2-0,8	I,4	0,8	6	
	U	0,5	0,3	I,1	0,2	I,I	I,2-I,0	I,5	0,9	6	
			дно	2,0	0,2	I,I	3,2-0,9	5,I	0,9	4	
	UI	0,3	0,3	I,0	0,3	I,0	I,3-0,8	I,5	0,8	6	
			дно	I,0	0,3	0,9	I,2-0,8	I,4	0,7	4	
			0,7	0,3	I,0	0,3	I,0	I,3-0,8	I,4	0,7	6
			дно	I,I	0,2	I,0	I,2-0,9	I,4	0,8	4	
	UП	0,5	0,3	I,0	0,2	0,8	I,2-0,8	I,3	0,8	6	
			дно	I,0	0,2	0,8	I,I-0,8	I,3	0,8	4	
	UШ	0,3	0,3	I,0	0,2	I,0	I,0-0,8	I,2	0,8	6	
			дно	I,0	0,2	I,0	I,2-0,8	I,3	0,7	4	
			0,7	0,3	I,0	0,2	I,0	I,I-0,8	I,4	0,8	6
			дно	I,0	0,3	0,8	I,2-0,8	I,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	I,3-0,8	I,3	0,6	I2	
	III	0,5	0,3	0,6	0,1	0,5	0,6-0,5	0,8	0,4	7	
	IU	0,5	0,3	0,8	0,2	0,8	I,0-0,6	I,2	0,3	I7	

Водоток	Н отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
Северная Двина:										
основное руло	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
	IV	0,3	0,3	1,2	0,3	1,1	1,2-1,1	1,4	1,1	8
дельта	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
	IV	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
	VI	0,3	0,3	3,2	4,8	1,2	1,7-1,1	13	1,1	6
			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	6
			дно	6,8	12,4	1,4	3,3-1,2	32	1,2	6
	VII	0,5	0,3	1,4	0,5	1,3	1,4-1,2	2,4	1,1	6
			дно	1,4	0,4	1,3	1,5-1,2	2,1	1,1	6
	VIII	0,3	0,3	3,4	4,2	1,6	2,2-1,4	12	1,3	6
			дно	7,3	14,1	1,6	1,9-1,4	36	1,2	6

Продолжение приложения 8

Водоток	Л створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n	
								макси- мум	мини- мум		
			0,7	0,3	12,0	25,5	I,6	2,0-I,3	64	I,3	6
				дно	2,9	3,5	I,4	I,9-I,3	10	I,2	6
Осень											
ДЭI 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	I,0	I,0-0,9	I,1	0,1	9	
	III	0,5	0,3	0,9	0,3	0,9	I,0-0,6	I,4	0,5	6	
	IV	0,5	0,3	I,0	0,2	I,0	I,2-0,9	I,4	0,7	8	
Северная Двина:											
основное русло	II	0,5	0,3	I,4	-	I,3	-	I,7	I,1	3	
	III	0,5	0,3	I,I	0	I,I	I,I-I,I	I,I	I,I	6	
	IV	0,3	0,3	I,2	0,3	I,I	I,5-I,0	I,6	I,0	8	
дельта	I	0,3	0,3	I,4	0,3	I,4	I,5-I,3	I,9	I,I	6	
			дно	I,4	0,2	I,4	I,7-I,2	I,7	I,2	6	
			0,7	0,3	I,4	0,2	I,4	I,5-I,2	I,7	I,I	6
				дно	I,4	0,2	I,4	I,5-I,2	I,6	I,2	6
	II	0,5	0,3	I,4	0,3	I,5	I,6-I,3	I,8	I,0	5	
	III	0,5	0,3	I,3	0,1	I,3	I,4-I,2	I,4	I,I	6	
	IV	0,5	0,3	I,3	0,2	I,3	I,4-I,1	I,5	I,I	6	
	V	0,5	0,3	I,4	0,1	I,4	I,4-I,3	I,5	I,I	6	
			дно	I,3	0,1	I,3	I,4-I,3	I,5	I,I	5	

Окончание приложения 8

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{c}	σ	\hat{c}	H	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
УI	0,3		0,3	2,4	2,2	1,6	2,0-I,4	6,8	I,I	6
		дно	2,6	2,6	1,6	I,6	I,7-I,4	7,9	I,I	6
	0,7	0,3	3,0	2,3	2,0	5,9	I,3	6	I,0	6
		дно	4,2	4,0	2,2	7,3	I,6	II	I,3	6
	0,5	0,3	I,5	0,3	I,5	I,6	I,3	I,8	I,I	5
		дно	I,5	0,2	I,4	I,7	I,4	I,8	I,2	5
УII	0,3		0,3	I,8	0,4	I,6	2,I-I,4	2,5	I,4	6
		дно	I,8	0,4	I,7	2,I	I,4	2,3	I,3	6
	0,7	0,3	I,8	0,5	I,7	2,I	I,4	2,7	I,3	6
		дно	I,8	0,5	I,7	I,8	I,4	2,6	I,3	6

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

Водоток	№ отвора	Вертикаль	Горизонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								максимум	минимум	
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 руло	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	Место	Вертикаль	Горизонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда, "
								максимум	минимум	
И3	ИУ	0,5	0,3	7,27	0,13	7,25	7,40-7,20	7,45	7,10	I3
	У	0,5	0,3	7,24	0,15	7,22	7,35-7,15	7,45	7,00	I4
		дно	7,29	0,13	7,32	7,39-7,20	7,45	7,00		I2
	УТ	0,3	0,3	7,16	0,08	7,15	7,20-7,10	7,30	7,00	II
		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	I2
			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	I2
			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	I7
			дно	7,23	0,12	7,25	7,32-7,18	7,40	7,00	II
		0,7	0,3	7,23	0,17	7,20	7,35-7,10	7,50	6,90	I7
			дно	7,24	0,09	7,22	7,30-7,15	7,39	7,10	I0
Весеннее половодье										
Сухона	I	0,3	0,3	7,22	0,19	7,20	7,37-7,07	7,60	6,90	I5
	II	0,5	0,3	7,00	0,14	7,00	7,08-6,97	7,25	6,80	I5
	III	0,5	0,3	7,03	0,14	7,00	7,10-7,00	7,25	6,80	I5
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	II
	III	0,5	0,3	6,92	0,49	6,80	6,85-6,80	8,20	6,60	I0
	IV	0,5	0,3	7,07	0,37	6,97	7,35-6,75	8,00	6,50	I0

Продолжение приложения 9

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
Северная Двина:										
основное руло	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	II
	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	I7
		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	I7
			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	I7
	III	0,5	0,3	7,13	0,23	7,02	7,34-6,98	7,55	6,90	I2
	IV	0,5	0,3	7,05	0,12	7,05	7,10-7,00	7,40	6,85	I8
	V	0,5	0,3	7,06	0,13	7,00	7,08-7,00	7,40	6,90	I5
		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	I0
		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	I0
			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	I0
		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	I5

Водоток	№ отверса	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	C	H	Экстремум		Длина ряда n	
								макси- мум	мини- мум		
0,7	дно	7,00	0,06	7,00	7,05-7,00	7,05	6,90	5			
	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	II	
	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	
	I	0,5	0,3	7,35	0,12	7,40	7,42-7,20	7,65	7,20	II	
	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	
Вычегда	IV	0,5	0,3	7,58	0,28	7,65	7,77-7,55	8,00	6,55	13	
	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	
	I	0,3	0,3	7,57	0,26	7,60	7,78-7,38	8,00	7,00	19	
Северная Двина:			дно	7,64	0,29	7,77	7,80-7,52	8,00	7,00	II	
			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	II	
			II	0,5	0,3	7,58	0,24	7,60	7,80-7,35	8,00	7,10

Продолжение приложения 9

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	ε	C	H	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
III	III	0,5	0,3	7,57	0,21	7,59	7,80-7,38	7,80	7,25	14
	IV	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
	VI	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
	VII	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
III	VIII	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:

Окончание приложения 9

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	C	H	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
основное руло	II	0,5	0,3	7,33	0,18	7,22	7,57-7,20	7,60	7,00	I2
	III	0,5	0,3	7,68	0,20	7,67	7,85-7,60	7,95	7,20	I0
	IV	0,3	0,3	7,55	0,43	7,55	7,82-7,55	8,45	7,20	I6
	дельта	I	0,3	7,61	0,29	7,60	7,80-7,40	8,10	7,20	I7
			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
			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	I7
	III	0,5	0,3	7,56	0,26	7,69	7,75-7,38	7,95	7,20	I4
	IV	0,5	0,3	7,68	0,30	7,60	7,80-7,45	8,20	7,20	I8
	У	0,5	0,3	7,67	0,30	7,62	7,80-7,50	8,20	7,20	I8
			дно	7,60	0,29	7,65	7,75-7,42	8,15	7,20	II
УI	0,3	0,3	7,73	0,35	7,70	8,00-7,60	8,25	7,20	I3	
			дно	7,70	0,35	7,75	7,88-7,42	8,25	7,20	I2
		0,7	0,3	7,71	0,34	7,75	8,00-7,42	8,15	7,20	I2
			дно	7,67	0,35	7,65	7,85-7,42	8,20	7,20	II
	0,5	0,3	7,65	0,44	7,75	8,00-7,25	8,25	7,00	I3	
			дно	7,60	0,44	7,62	8,00-7,25	8,25	7,00	I0
	УII	0,3	0,3	7,57	0,39	7,62	7,88-7,22	8,25	7,10	I6
			дно	7,66	0,42	7,68	8,05-7,25	8,30	7,10	I0
		0,7	0,3	7,56	0,40	7,50	7,88-7,28	8,25	7,00	I6
			дно	7,60	0,44	7,58	8,05-7,25	8,30	7,00	I0

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

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
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	II
	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	II,00	6,82	9
	II	0,7	0,3	4,54	1,34	4,59	4,90-3,52	7,II	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 рудоо	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,I3	1,54	9
дельта	IV	0,3	0,3	4,06	2,50	4,II	5,03-2,42	10,I8	0,10	137
	I	0,3	0,3	1,79	1,18	1,56	2,93-0,74	4,I2	0,27	18
		дно	2,91	2,06	2,86	4,62-1,15	6,34	0,15	I0	
		0,7	0,3	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	I0	
	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

Продолжение приложения 10

Водоток	Н створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
139	IУ	0,5	0,3	2,53	I,10	2,38	3,38-I,60	4,30	I,18	I2
	У	0,5	0,3	2,60	I,45	2,10	3,24-I,66	6,02	0,75	I5
			дно	3,59	I,73	3,26	4,92-2,68	6,I2	0,98	I0
	УI	0,3	0,3	3,46	I,48	3,31	4,38-2,I4	6,09	I,76	II
			дно	4,98	I,87	4,93	5,98-4,54	7,42	I,46	7
		0,7	0,3	3,74	I,66	3,31	4,67-2,23	6,82	I,76	9
			дно	3,78	I,97	4,48	5,06-2,97	5,45	0,49	7
	УП.	0,5	0,3	3,67	2,06	3,42	4,83-I,96	8,27	I,50	I6
			дно	4,64	2,56	4,68	6,08-2,II	8,40	I,9I	6
	УIII	0,3	0,3	2,I0	I,96	I,80	4,I2-0,16	5,72	0,00	I7
			дно	3,54	2,53	2,78	5,40-2,I0	7,60	0,00	II
		0,7	0,3	I,99	2,03	I,60	4,07-0,15	5,88	0,00	I7
			дно	3,54	2,40	2,54	5,40-I,86	7,79	0,94	8
Весеннее половодье										
Сухона	I	0,3	0,3	9,I6	2,I4	I0,I2	I0,73-8,53	I3,70	5,I0	I6
	II	0,5	0,3	I0,63	2,22	I0,93	I2,55-9,50	I3,43	5,65	I6
	III	0,5	0,3	I0,I4	4,56	I0,84	I2,52-8,93	I4,I0	I,95	I5
	IУ	0,5	0,3	II,00	I,30	I0,70	II,24-I0,03	I2,47	8,66	9
Вычегда	II	0,7	0,3	9,72	I,45	I0,24	I0,50-8,43	II,32	7,53	9
	III	0,5	0,3	9,96	2,02	9,35	I0,00-8,8I	I4,80	8,60	8
	IУ	0,5	0,3	9,92	I,13	I0,00	I0,43-9,76	II,68	8,08	7

Продолжение приложения 10

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	ε	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
Северная Двина:										
основное руло	I	0,5	0,3	10,47	I, I2	10,56	II, 46-10,20	II, 90	8,54	9
	II	0,5	0,3	10,71	I, 51	10,41	II, 40-9,71	I3, 89	8,72	10
	III	0,5	0,3	9,62	0,94	9,51	II, 35-9,43	II, I7	8,31	7
	IU	0,3	0,3	9,49	0,99	9,62	II, 71-9,09	II, I3	8,08	23
дельта	I	0,3	0,3	9,76	I, 39	9,60	II, I2-8,86	I3, 72	7,94	I8
			дно	10,45	0,53	I0,39	II, 41-10,36	II, 29	9,82	5
		0,7	0,3	9,75	0,93	9,52	II, 36-8,95	I2, I5	8,57	I8
			дно	10,54	0,49	I0,41	II, 67-10,39	II, 29	9,95	5
	II	0,5	0,3	9,79	0,98	9,51	II, 44-9,04	II, 73	8,20	I9
	III	0,5	0,3	9,90	0,79	I0,03	II, 32-9,65	II, 99	7,87	I2
	IU	0,5	0,3	9,96	0,95	9,74	II, 25-9,21	I2, I2	8,72	I8
	U	0,5	0,3	I0,09	I, 08	9,95	II, 58-9,31	I2, 24	8,53	I7
			дно	II, 02	I, 22	I0,74	II, 20-9,98	I2, 41	9,67	7
U1	0,3	0,3	I0,19	I, 03	I0,09	I0,49-9,54	I2, I0	8,37	I4	
			дно	II, 00	I, 32	I0,36	II, 16-10,05	I2, 75	9,48	7
		0,7	0,3	I0,26	0,85	I0,11	II, 49-9,85	I2, 24	9,05	I3
			дно	I0,69	0,94	I0,33	II, I3-10, II	I2, 40	9,83	6
UП	0,5	0,3	I0,11	I, 04	I0,30	I0,67-9,44	I2, I2	8,60	I3	
			дно	I0,86	0,69	I0,95	II, 35-10,26	II, 76	I0,08	7
UШ	0,3	0,3	9,97	I, 02	9,76	I0,18-9,24	I2, I8	8,72	I5	

Продолжение приложения 10

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
Г	0,7		дно	II,06	0,56	II,16	II,43-10,95	II,61	10,17	5
			0,3	10,05	1,00	9,86	10,83-9,36	12,18	8,66	15
			дно	10,84	1,14	10,74	II,51-10,27	12,59	9,21	6
Летняя межень										
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	II,64-8,36	12,83	4,81	II
	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 рудоо	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	II,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

Продолжение приложения 10

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	ε	С	Н	Экстремум		Длина "n"
								макси- мум'	мини- мум	
I42	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
	Y	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	II,48-6,62	12,50	7,48	7
	II	0,5	0,3	12,06	-	-	-	12,90	II,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	I3,15-12,70	I3,33	II,22	5
	II	0,7	0,3	10,50	2,08	10,68	I2,17-9,28	I2,89	7,30	6
	III	0,5	-	0,3	8,15	3,10	9,44	9,91-5,75	II,66	5,73

Водоток	Место	Вертикаль	Горизонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда n
								максимум	минимум	
Северная Двина:										
основное русло	П	0,5	0,3	I2, I0	I, 8I	I2, 09	I4, 09-I0, 33	I4, 24	I0, 20	6
	ГУ	0,3	0,3	9, 28	I, 53	9, 14	I0, 87-8, 29	II, 93	8, 06	3I
дельта	I	0,3	0,3	II, 27	I, 05	II, 39	II, 85-I0, 56	I3, I4	9, 42	I8
			дно	II, 37	I, 2I	II, 62	I2, 30-I0, 46	I2, 99	9, 47	II
		0,7	0,3	II, 47	I, 00	II, 60	I2, 07-I0, 80	I2, 99	9, 83	I0
			дно	II, 39	I, 19	II, 62	I2, 33-I0, 46	I2, 99	9, 60	II
	П	0,5	0,3	II, 54	I, 03	II, 84	I2, 35-I0, 92	I2, 96	9, 54	I7
	III	0,5	0,3	II, 5I	I, 33	I0, 98	I2, I7-I0, 63	I3, 60	9, 83	I3
	ГУ	0,5	0,3	II, 67	I, 29	II, 86	I2, 27-I0, 70	I4, 95	9, 38	I8
	У	0,5	0,3	II, 54	I, 09	II, 6I	II, 83-II, 22	I3, 56	9, 38	I7
			дно	II, 93	I, 37	II, 75	I2, 48-II, 47	I4, 79	9, 28	II
	ГУ	0,3	0,3	II, 55	I, 16	II, 57	II, 92-II, 30	I3, 82	9, 63	I3
			дно	II, 6I	0,92	II, 64	I2, I4-II, 28	I3, I9	9, 86	I2
		0,7	0,3	II, 46	I, 15	II, 55	I2, 06-I0, 70	I3, 39	9, 57	I2
			дно	II, 77	I, 32	II, 68	I2, 28-II, 16	I4, I9	9, 73	II
	УП	0,5	0,3	II, 44	I, 13	II, 62	I2, 28-II, I4	I2, 96	9, 19	I3
			дно	II, 33	I, 46	II, 66	I2, 03-I0, 98	I3, 02	7, 95	I0
	УШ	0,3	0,3	I0, 96	I, 76	II, 38	II, 87-I0, I9	I3, 85	6, 40	I6
			дно	II, 74	I, 49	II, 84	I2, 3I-II, 27	I4, 44	9, 44	I0
		0,7	0,3	I0, 99	I, 57	II, 36	II, 86-I0, 06	I3, 22	6, 8I	I6
			дно	II, 77	I, 67	II, 34	I2, 52-I0, 55	I5, 54	9, 5I	I0

Приложение II

Статистические характеристики насыщения кислородом
водотоков бассейна Северной Двины, %

Водоток	№ отверса	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум, %		Длина ряда /г
								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-I0	88	0	II
	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 рудо	I	0,5	0,3	22	10	23	29-18	38	I	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	28	34-16	70	7	137
дельта	I	0,3	0,3	12	8	11	20-6	28	2	18
		дно	19	14	18	32-7	43	I	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-I4	58	8	8
	III	0,5	0,3	23	11	22	30-I4	45	8	16

Продолжение приложения II

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
И	IV	0,5	0,3	I7	7	I6	24-II	29	8	I2
	У	0,5	0,3	I8	10	I4	22-I2	41	5	I5
		дно	25	I2	24	40-I8	41	7	I0	
	VI	0,3	0,3	23	10	22	30-I4	42	I2	II
		дно	33	I3	34	40-30	50	I0	7	
		0,7	0,3	25	II	23	32-I5	47	I2	9
		дно	29	9	30	34-28	37	I0	7	
	VII	0,5	0,3	25	I4	23	32-I3	56	I0	I6
		дно	32	I7	32	4I-I4	57	I3	6	
	VIII	0,3	0,3	I7	I6	I6	22-I	62	0	I7
		дно	26	I7	I8	39-I5	52	6	I0	
		0,7	0,3	I4	I3	I2	26-I	35	0	I7
		дно	24	I6	I8	36-I2	53	6	8	
Весеннее половодье										
Сухона	I	0,3	0,3	76	I6	83	88-70	96	47	I6
	II	0,5	0,3	88	I7	90	98-78	94	46	I6
	III	0,5	0,3	84	35	89	95-74	99	I6	I5
	IV	0,5	0,3	86	I0	84	88-78	98	71	9
Вычегда	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
	IV	0,5	0,3	78	8	78	82-76	91	67	7

Продолжение приложения II

Водоток	Место	Вертикаль	Горизонт, м	С	ε	С	Н	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								максимум	минимум	
Северная Двина:										
основное русло	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
	IU	0,3	0,3	74	8	75	84-72	87	71	23
дельта	I	0,3	0,3	82	II	83	87-76	II4	70	17
		дно		87	4	88	90-84	90	82	5
		0,7	0,3	82	7	82	87-78	97	71	17
		дно		88	5	88	90-84	95	83	5
	II	0,5	0,3	84	8	83	90-79	99	71	19
	III	0,5	0,3	83	8	84	88-80	92	65	12
	IU	0,5	0,3	85	7	83	89-80	98	72	17
	U	0,5	0,3	84	7	84	87-82	96	71	17
		дно		92	10	94	97-84	105	82	5
	UI	0,3	0,3	86	7	89	91-83	96	73	13
		дно		94	9	92	97-88	110	84	6
		0,7	0,3	88	5	88	91-86	96	77	13
		дно		91	5	92	95-87	97	84	6
	UH	0,5	0,5	87	7	84	90-81	100	76	13
		дно		92	6	92	96-90	100	84	5
	UW	0,3	0,3	83	7	81	86-79	97	72	13

Продолжение приложения II

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								мако- мум	мини- мум	
0,7			дно	92	5	94	94-89	95	84	4
			0,3	83	II	83	90-78	98	58	15
			дно	91	I2	91	94-83	I09	78	5
Летняя межень										
Сухона	I	0,3	0,3	77	21	74	93-57	94	50	22
	II	0,5	0,3	96	25	97	II4-85	I27	54	II
	III	0,5	0,3	91	20	90	III-97	II2	76	7
Вычегда	I	0,5	0,3	93	I3	87	93-92	II4	86	8
	II	0,7	0,3	89	25	80	96-75	II4	77	I0
	III	0,5	0,3	91	I3	87	99-81	I07	79	8
	IU	0,5	0,3	95	II	94	I00-87	I01	92	8
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	89	I8	85	90-81	II8	73	I0
	II	0,5	0,3	98	I2	96	I09-80	III	95	9
	III	0,5	0,3	93	I3	94	94-83	I09	73	7
	IU	0,3	0,3	94	I9	94	I00-83	I03	83	27
дельта	I	0,3	0,3	75	II	77	82-68	95	51	I9
			дно	81	I3	84	92-71	94	56	I0
	0,7	0,3	82	I5	80	87-74	I22	51	I8	
			дно	86	I9	83	93-77	I27	56	9

Продолжение приложения II

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	ε	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
148	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
	У	0,5	0,3	77	8	78	85-72	-90	62	18
			дно	80	8	81	84-74	92	65	II
	VI	0,3	0,3	79	15	80	90-71	98	49	I2
			дно	78	11	78	85-74	90	56	8
		0,7	0,3	77	14	78	85-68	98	49	I2
			дно	79	12	82	86-72	91	56	8
	VII	0,5	0,3	79	11	80	83-72	104	60	I4
			дно	83	7	85	86-79	91	68	9
Сухона	VIII	0,3	0,3	60	33	72	80-42	103	0	I8
			дно	80	13	80	88-74	101	55	I0
		0,7	0,3	59	30	72	80-55	94	0	I8
			дно	81	18	87	90-76	107	42	9
					Осень					
Вычегда	I	0,3	0,3	70	19	62	90-52	91	51	7
	II	0,5	0,3	82	-	-	-	89	80	2
	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

Окончание приложения II

Водоток	Место	Вертикаль	Горизонт, м	С	ε	С	Н	Экстремум,		Длина ряда <i>n</i>
								макси-мум	мини-мум	
Северная Двина:										
основное русло	II	0,5	0,3	83	I2	82	99-7I	97	70	6
	IУ	0,3	0,3	65	I0	64	76-60	81	58	6
дельта	I	0,3	0,3	84	7	82	90-78	98	73	I6
		дно	86	8	89	92-82	94	74	8	
		0,7	0,3	85	7	85	92-80	97	74	I6
		дно	86	7	88	92-82	94	72	8	
	II	0,5	0,3	86	7	88	90-84	96	72	I6
	III	0,5	0,3	85	7	86	92-77	94	74	I3
	IУ	0,5	0,3	86	8	88	92-82	I02	7I	I7
	У	0,5	0,3	84	8	85	90-82	93	66	I6
		дно	87	8	87	92-82	I0I	70	II	
	УI	0,3	0,3	85	6	83	90-8I	94	75	I3
		дно	86	4	86	90-82	92	79	II	
		0,7	0,3	85	6	84	90-8I	93	74	I2
		дно	88	4	88	89-85	96	83	I0	
	УII	0,5	0,3	84	7	82	89-80	96	70	I3
		дно	84	II	86	92-82	94	60	9	
	УШ	0,3	0,3	8I	I2	8I	90-75	94	48	I5
		дно	87	9	90	95-8I	98	7I	9	
		0,7	0,3	80	II	8I	89-75	94	5I	I4
		дно	87	10	84	92-82	I06	72	9	

Приложение 12

Статистические характеристики содержания органического вещества
по БИК₅ в водотоках бассейна Северной Двины, мг/л

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С̄	σ	С̄	Н	Экстремум		Длина ряда n
								мако- 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
Вычегда	II	0,7	0,3	2,33	1,45	1,92	2,60-1,63	5,62	0,75	8
	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
	I	0,3	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	0,3	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	
	II	0,5	0,3	1,99	1,54	2,36	2,56-0,63	4,10	0,31	5
	III	0,5	0,3	1,88	0,88	1,57	2,50-1,28	3,42	0,92	8
дельта	IV	0,5	0,3	1,60	0,93	1,63	2,20-0,97	3,50	0,00	12
	Y	0,5	0,3	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	

Продолжение приложения I2

Водоток	№ отверса	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	ϵ	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
И	У1	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
	УП	0,5	0,3	2,25	1,18	2,03	2,74-1,70	4,72	0,00	I4
			дно	2,63	2,35	2,35	2,44-1,67	7,58	0,25	7
	УШ	0,3	0,3	7,II	5,87	5,81	I0,50-2,39	2I,80	I,10	I4
			дно	2,38	1,13	2,19	2,48-1,67	5,I0	I,22	9
	0,7	0,3	5,30	4,04	2,84	I0,00-2,00	I0,62	0,95	I2	
			дно	1,96	0,42	1,98	2,32-1,76	2,42	I,15	8
Весеннеев половодье										
Сухона	I	0,3	0,3	4,37	1,60	4,10	5,15-3,46	8,46	I,85	I3
	II	0,5	0,3	3,03	1,40	3,04	3,70-2,69	6,99	0,85	I5
	III	0,5	0,3	5,07	1,79	5,59	6,46-4,30	7,04	0,28	I7
Вычегда	II	0,7	0,3	4,28	2,37	3,90	5,53-2,75	8,34	I,09	9
	III	0,5	0,3	2,99	0,82	2,67	3,I6-2,54	4,33	2,23	5
	IV	0,5	0,3	3,05	0,45	3,00	3,44-2,64	3,68	2,56	6
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	2,78	1,35	2,99	3,90-1,43	4,20	0,91	8
	II	0,5	0,3	2,68	1,37	2,50	4,01-1,13	5,97	0,50	I0
	III	0,5	0,3	2,77	0,71	2,53	3,26-2,30	3,85	I,88	7

Продолжение приложения I2

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	ε	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
дельта	IV	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
	IV	0,5	0,3	2,03	0,94	2,01	2,82-1,34	3,33	0,51	19
	V	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
VI	VI	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
	VII	0,5	0,3	2,75	1,07	2,75	3,17-2,25	5,00	0,60	14
VIII		дно	2,48	1,06		2,23	2,96-1,82	4,30	1,27	7
		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
IX		дно	2,36	3,70		2,38	2,54-2,15	2,84	1,87	5

Водоток	№ отверса	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	ε	σ	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
Летний межень										
Сухона	I	0,3	0,3	3,91	1,88	3,80	5,40-2,38	7,91	0,87	19
	II	0,5	0,3	2,58	1,00	2,31	3,49-1,58	4,04	1,37	9
	III	0,5	0,3	3,41	1,25	2,89	4,68-2,46	5,63	2,18	7
Вычегда	II	0,7	0,3	3,56	1,64	2,80	4,75-2,55	6,59	2,05	9
	III	0,5	0,3	1,84	1,29	1,32	1,74-0,99	3,75	0,97	4
	IV	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	1,63	3,76	4,75-2,10	6,22	1,59
		II	0,5	0,3	3,04	1,41	2,76	4,57-2,41	4,69	0,99
		III	0,5	0,3	2,52	0,79	2,36	3,01-2,00	3,90	1,49
	дельта	IV	0,3	0,3	2,64	0,90	2,35	3,12-2,13	5,52	0,80
		I	0,3	0,3	2,38	1,19	2,35	3,07-1,58	4,32	0,31
			дно	2,04	0,82	2,02	2,64-1,55	3,30	0,70	10
			0,7	0,3	2,08	0,95	2,03	2,68-1,58	4,18	0,11
				дно	2,44	0,80	2,61	2,70-2,00	4,00	1,08
				II	0,5	0,3	2,34	1,36	2,24	2,69-1,52
				III	0,5	0,3	2,14	0,91	2,32	2,90-1,69
				IV	0,5	0,3	2,21	1,42	1,83	2,92-1,01
				V	0,5	0,3	1,96	1,13	2,19	1,76-0,94

Продолжение приложения 12

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	C	H	Экстремум		Длина ряда n	
								макро- мум	мини- мум		
155	дельта	III	0,5	0,3	2,75	0,82	2,59	3,82-2,06	3,90	I,85	6
		IV	0,3	0,3	4,00	I,25	3,98	4,80-3,81	6,42	I,01	5
		I	0,3	0,3	2,60	0,86	2,68	2,96-2,21	4,88	I,31	I7
	У		дно	2,11	0,46	2,24	2,49-I,76	2,56	I,35	8	
			0,7	0,3	2,50	0,90	2,56	3,10-2,I7	4,09	0,79	I7
			дно	2,27	0,85	2,38	2,87-I,42	3,62	I,30	8	
	II		0,5	0,3	2,73	I,22	2,15	2,68-I,80	5,15	I,49	I6
			0,5	0,3	2,12	0,42	I,94	2,45-I,83	2,79	I,63	9
		IV	0,5	0,3	2,35	0,78	2,26	2,75-I,96	3,94	I,09	I8
	У		0,5	0,3	2,38	0,54	2,26	2,99-I,84	3,26	I,70	I4
			дно	2,26	0,77	2,38	2,60-I,59	3,66	I,28	8	
		VI	0,3	0,3	2,17	0,90	2,10	2,64-I,80	3,66	0,47	II
	УI		дно	2,24	I,39	I,90	2,84-I,45	4,98	0,00	I0	
			0,7	0,3	3,21	I,85	2,94	3,12-2,25	7,76	I,20	9
			дно	3,06	I,91	2,53	3,32-I,90	7,45	I,55	8	
	УII		0,5	0,3	2,89	I,15	2,57	3,26-2,25	5,86	I,73	I2
			дно	2,30	0,73	2,34	2,78-I,68	3,57	I,55	8	
	УIII		0,3	0,3	4,00	2,58	2,88	5,46-2,I9	9,00	I,81	I5
			дно	2,40	0,85	2,46	2,98-I,59	3,76	I,42	8	
			0,7	0,3	3,34	I,69	2,55	4,03-2,I8	7,40	I,63	I5
			дно	2,28	0,69	2,40	2,84-I,84	3,02	I,03	8	

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

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n	
								макси- мум	мини- мум		
Зимняя межень											
§§§	Сухона	I	0,3	0,3	82,3	52,7	59,9	87,6-48,2	193,6	41,7	II
		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 руслло	основное руслло	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	дельта	I	0,3	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	0,3	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	II
		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	II

Продолжение приложения I3

Водоток	№ отверса	Верти- каль	Гори- зонт, м	C	σ	C	H	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
157	IY	0,5	0,3	39,3	18,0	31,0	47,8-27,6	73,7	22,8	II
		0,5	0,3	34,6	9,9	33,3	38,6-28,0	56,2	23,3	I4
	II	0,3	35,4	10,9	35,6	40,9-27,0	59,6	20,3	I2	
		0,3	34,2	11,9	29,3	34,4-28,2	60,2	21,6	II	
		0,7	37,6	7,8	35,0	42,4-32,0	53,0	29,4	8	
	III	0,3	35,7	9,5	31,3	43,4-29,0	49,8	21,6	II	
		0,7	39,4	7,8	37,6	45,1-33,4	53,0	30,2	8	
		0,5	31,5	7,7	29,9	37,1-26,9	44,7	17,0	I3	
	IV	0,3	32,4	7,7	30,9	38,4-27,6	45,2	23,3	7	
		0,3	45,0	16,0	45,2	49,7-34,7	76,6	23,0	I3	
		0,7	43,5	13,7	41,2	50,0-34,2	76,6	26,I	I2	
Сухона	V	0,3	45,5	15,3	41,1	51,0-36,8	74,3	25,8	I2	
		0,3	42,1	13,3	41,3	44,9-35,5	76,6	26,I	II	
		Весеннее половодье								
	VI	0,3	43,1	23,3	37,5	51,4-29,4	93,3	6,I	I6	
		0,5	0,3	48,4	28,5	84,I	62,0-28,8	I34,I	9,7	22
		0,5	0,3	43,7	16,8	37,6	55,4-33,9	91,7	I8,3	I9
Вычегда	VII	0,5	0,3	42,7	9,7	42,I	44,2-39,I	63,0	30,I	9
		0,7	0,3	37,8	10,3	40,0	42,6-32,8	55,8	21,2	9
	VIII	0,5	0,3	43,0	13,3	44,I	55,7-32,6	65,4	22,0	I0
		0,5	0,3	39,4	-	-	-	57,I	21,7	2

Продолжение приложения I3

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	ε	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
Северная Двина:										
основное руло	I	0,5	0,3	44,8	I4,6	41,4	50,0-33,9	77,4	30,6	I0
	II	0,5	0,3	59,7	6,2	59,6	52,0-47,2	62,3	38,7	I0
	III	0,5	0,3	44,3	9,6	35,8	48,7-38,0	60,6	33,7	I0
	IУ	0,3	0,3	49,0	9,7	49,1	54,5-40,4	III,3	27,1	77
	дельта	I	0,3	48,3	I2,3	49,2	54,7-41,4	72,5	23,5	I4
			дно	48,6	I4,8	46,3	52,6-41,2	79,7	29,0	8
			0,7	46,5	I0,8	49,2	52,3-38,4	60,9	23,5	I4
			дно	45,2	II,8	42,0	52,6-38,4	67,0	29,0	8
		II	0,5	0,3	43,4	I0,4	41,1	46,7-37,0	65,4	31,8
Из	III	0,5	0,3	41,2	8,2	42,6	43,1-34,7	57,5	30,4	9
	IУ	0,5	0,3	47,7	I2,8	44,4	57,4-37,0	74,2	31,6	I4
	У	0,5	0,3	47,2	I0,1	45,9	49,0-42,6	68,8	30,0	I5
			дно	40,9	II,0	40,0	45,4-35,3	61,8	24,5	8
	УI	0,3	0,3	42,7	I0,6	40,8	45,2-39,0	68,8	23,4	I2
			дно	44,7	II,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	I3
			дно	44,4	I2,4	40,6	41,8-38,6	73,2	36,0	7
	УП	0,5	0,3	43,2	I0,7	40,7	45,7-36,4	73,2	32,5	I5
			дно	36,5	I0,9	34,8	41,4-29,8	57,8	22,3	8
УШ	0,3	0,3	47,9	I2,4	43,8	49,0-40,5	82,8	37,8	I2	
			дно	40,8	2,2	40,7	41,9-39,9	44,8	38,0	5

Продолжение приложения I3

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	ε	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
			0,7	0,3	48,1	13,9	44,0	52,1-40,7	82,2	25,6
			дно	53,3	23,6	44,4	47,2-41,6	101,2	41,1	6
Летняя межень										
I 59	Сухона	I	0,3	0,3	48,5	15,4	44,6	58,9-37,9	82,7	29,4
		II	0,5	0,3	48,7	11,1	47,1	54,2-36,4	81,8	32,4
		III	0,5	0,3	48,0	15,6	46,4	65,0-38,1	69,6	23,7
	Вычегда	I	0,5	0,3	26,0	8,3	28,0	38,5-22,0	59,3	12,3
		II	0,7	0,3	33,8	10,4	30,6	37,8-26,8	49,2	18,8
		III	0,5	0,3	26,2	6,4	24,8	31,3-21,8	35,8	18,1
		IV	0,5	0,3	34,0	-	-	-	37,5	30,5
										2
Северная Двина:										
основное русло	основное русло	I	0,5	0,3	37,7	II,0	38,2	49,7-28,4	51,8	19,9
		II	0,5	0,3	38,0	7,7	39,0	42,1-23,2	53,8	32,9
		III	0,5	0,3	33,2	7,2	32,9	35,1-31,1	49,1	25,8
		IV	0,3	0,3	43,4	13,5	40,4	50,3-31,5	69,2	17,2
дельта	дельта	I	0,3	0,3	44,5	10,0	43,4	47,0-38,5	65,6	30,7
			дно	44,5	9,4	47,1	50,6-38,0	60,2	29,1	II
		0,7	0,3	44,3	10,6	42,6	49,1-37,8	65,6	26,6	I2
			дно	41,1	7,2	40,7	47,1-38,1	50,9	29,1	9
		II	0,5	0,3	43,7	9,1	46,4	49,8-39,1	53,8	26,1

Продолжение приложения I3

Водоток	№ отверса	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	ε	C	H	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
Б	III	0,5	0,3	38,5	6,7	38,6	43,8-34,0	47,3	27,8	9
	IV	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	II
	УI	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
	УII	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
Сухона	УIII	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	II
							Осень			
Вычегда	I	0,3	0,3	126,0	121,0	77,5	107,8-54,8	339,0	52,2	6
	III	0,5	0,3	53,4	25,3	55,3	68,5-32,8	89,4	18,8	5
	I	0,5	0,3	42,2	6,2	40,0	48,8-37,2	51,0	36,5	5
	II	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

Продолжение приложения I3

Водоток	Н о в о р а 	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
Северная Двина:										
основное руло	II	0,5	0,3	46,0	8,1	46,1	47,6-42,I	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,I	27,3	3
дельта	I	0,3	0,3	46,7	II,7	48,6	55,5-36,5	62,6	26,I	I3
			дно	43,5	II,0	43,6	50,I-36,8	62,5	27,2	II
		0,7	0,3	44,4	II,7	43,2	52,3-4I,0	62,5	18,8	I3
			дно	39,9	8,0	38,4	43,6-35,3	54,8	28,4	I0
	II	0,5	0,3	38,2	8,2	40,4	44,I-29,9	50,2	26,I	I2
	III	0,5	0,3	40,0	9,0	41,6	44,8-32,8	58,2	30,2	I0
	IV	0,5	0,3	40,5	8,8	39,5	44,3-33,4	58,6	29,7	I3
	V	0,5	0,3	38,0	7,3	38,5	4I,2-35,0	53,6	27,6	I3
			дно	41,3	8,5	4I,4	44,I-35,2	60,5	29,4	I0
	VI	0,3	0,3	40,4	II,7	40,6	46,7-33,9	69,9	23,9	I4
			дно	39,9	II,3	38,2	46,7-32,4	66,2	25,7	I3
		0,7	0,3	43,5	10,9	42,9	48,4-36,0	66,5	25,7	I2
			дно	4I,7	II,9	4I,I	46,7-3I,8	69,7	25,7	I2
	VII	0,5	0,3	4I,8	I2,0	38,6	5I,2-3I,I	66,0	27,6	I5
			дно	45,5	I4,5	43,4	56,0-33,0	73,I	27,8	I2

Окончание приложения I3

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	ε	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
УШ	0,3	0,3	50,6	13,2	49,8	54,6-44,6	79,9	31,1	10	9
		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	σ	n	Экстремум		Длина ряда n
								макси- 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 рудоно	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
У	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

Продолжение приложения 14

Водоток	Н о в створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	ε	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
У1	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	
	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	
У2	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										
Сухона	I	0,3	0,3	1,8	1,0	1,8	2,6-1,0	3,9	0,6	14
	II	0,5	0,3	1,9	2,6	2,2	3,1-1,2	8,2	0,6	21
Вычегда	III	0,5	0,3	3,2	0,6	3,3	3,6-2,7	4,6	2,2	12
	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
Северная Двина:	IV	0,5	0,3	1,6	0,6	1,6	2,4-0,8	2,3	0,0	3
	основное IV русле	0,3	0,3	2,1	0,8	1,9	2,3-1,7	3,5	1,2	10

Продолжение приложения 14

Водоток	Н створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n	
								макси- мум	мини- мум		
II	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	
		0,5	0,3	1,8	0,8	1,9	2,4-1,4	2,7	0,3	9	
	III	0,5	0,3	2,0	0,8	2,0	2,6-1,2	3,3	1,0	8	
		0,5	0,3	2,0	0,6	2,1	2,3-1,6	2,9	1,0	9	
	IV	0,5	0,3	2,0	0,6	2,0	2,1-0,8	2,5	0,8	5	
		дно	1,6	0,8	2,0	2,3-1,7	3,2	1,0		8	
	V	0,3	0,3	2,0	0,6	2,0	2,3-1,6	2,7	1,1	6	
		дно	1,9	0,5	1,8	2,2-1,6	2,7			6	
	VI	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	
	IX	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	
Сухона	Летняя маженъ										
	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	

Продолжение приложения I4

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	C	H	Экстремум		Длина ряда n
								мако- мум	мини- мум	
Вычегда	I	0,5	0,3	2,4	0,8	2,4	3,2-I,3	3,3	I,2	7
	II	0,7	0,3	1,8	0,8	1,8	2,3-I,2	2,9	0,8	6
	III	0,5	0,3	2,5	1,3	2,6	3,1-I,5	4,7	0,7	8
	IV	0,5	0,3	2,1	0,6	2,4	2,6-I,8	2,7	I,3	3
Северная Двина:										
I	основное русло	IV	0,3	0,3	I,3	0,6	I,I	I,8-0,9	2,6	0,7
	дельта	I	0,3	0,3	I,I	0,4	I,I	2,4-I,4	3,4	I,0
			дно	I,I	0,4	I,I	2,4-I,4	3,0	0,6	9
			0,7	0,3	I,I	0,4	I,2	2,3-I,5	2,9	I,0
			дно	I,I	0,4	I,I	2,4-I,6	3,0	I,0	9
	II	0,5	0,3	I,0	0,6	0,8	3,0-I,2	3,2	0,9	9
	III	0,5	0,3	I,I	0,5	0,8	2,9-2,0	3,2	I,I	9
	IV	0,5	0,3	0,9	0,5	0,8	3,0-I,3	3,6	0,7	10
	У	0,5	0,3	I,0	0,4	I,0	2,9-I,8	3,2	I,6	10
II			дно	I,0	0,5	I,0	3,2-2,I	3,6	I,4	9
			0,3	0,3	I,0	0,5	I,0	2,8-I,9	3,0	I,2
			дно	0,9	0,6	I,0	3,0-I,7	3,3	I,2	10
			0,7	0,3	0,8	0,6	0,8	2,5-I,5	3,3	I,4
III			дно	0,9	0,4	0,9	2,6-I,6	3,4	I,1	9
			0,5	0,3	0,9	0,4	0,8	2,9-I,6	3,2	I,3
IV			дно	I,0	0,5	0,7	3,0-I,5	3,1	I,3	8

Продолжение приложения 14

Водоток	Н отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	σ	Н	Экстремум		Длина рода n
								мако- мум	мини- мум	
УШ	0,3	0,3	0,9	0,6	I, I	2,6-I, 4	3,2	I, I	I0	
	дно	0,9	0,6	0,9	2,4-I, 5	3,5	I, 0	9		
	0,7	0,3	0,9	0,5	0,9	2,4-I, 2	3,0	I, 0	I0	
	дно	0,9	0,5	0,7	2,8-I, 4	3,3	I, I	9		
	Осень									
	I	0,3	0,3	I, 9	0,8	2, I	2,6-I, 0	2,9	0,9	5
	III	0,5	0,3	2,8	I, 0	3,0	3,5-2,8	4,0	0,7	7
	Вычегда	I	0,5	0,3	I, 4	I, 4	0,9	2,5-0,4	3,4	7
Дельта Северной Двины	I	0,3	0,3	2,0	0,8	2,2	2,4-I, 4	3,4	I, 0	9
	дно	I, 9	0,8	2,3	2,4-I, 4	3,0	0,6	9		
	0,7	0,3	I, 9	0,7	2,2	2,3-I, 5	2,9	I, 0	9	
	дно	2, I	0,6	2,3	2,4-I, 6	3,0	I, 0	9		
	II	0,5	0,3	2, I	I, 0	2,2	3,0-I, 2	3,2	0,9	9
	III	0,5	0,3	2,4	0,7	2,8	2,9-2,0	3,2	I, I	9
	IV	0,5	0,3	2,2	I, 0	2,2	3,0-I, 3	3,6	0,7	I0
	У	0,5	0,3	2,4	0,6	2,6	2,9-I, 8	3,2	I, 6	I0
УИ	дно	2,5	0,8	2,4	3,2-2, I	3,6	I, 4	9		
	0,3	0,3	2,3	0,6	2,4	2,8-I, 9	3,0	I, 2	I0	
	дно	2,3	0,8	2,4	3,0-I, 7	3,3	I, 2	I0		
	0,7	0,3	2,2	0,7	2,2	2,5-I, 5	3,3	I, 4	9	
	дно	2,2	0,8	2,5	2,6-I, 6	3,4	I, I	9		

Окончание приложения I4

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	H	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
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	3,0	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	№ отвала	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								макси- мум	мини- мум	
Зимняя межень										
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	0,6	0,3	19	10	17	21-12	39	9	7
Северная Двина:	основное руло	II	0,5	0,3	44	18	52	60-37	80	24
		III	0,5	0,3	37	14	41	44-25	53	19
		IV	0,3	0,3	44	28	42	66-20	94	8
	дельта	I	0,3	0,3	27	17	20	44-16	61	8
		дно	23	13	23	23	28-16	53	5	II
			0,7	0,3	26	16	19	34-14	61	9
		дно	21	12	18	18	32-14	45	8	II
			0,5	0,3	28	23	21	45-14	74	2
	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
	У	0,5	0,3	21	17	16	37-10	48	0	II
	дно	28	25	18	43-12	84	84	2	10	

Продолжение изложения I5

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт; м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
У	II	0,3	0,3	28	I6	25	40-I5	59	8	II
		дно	27	21	27	42-I3	65	0	9	
		0,7	0,3	29	I5	28	37-22	59	8	II
		дно	41	22	41	57-3I	75	2	9	
	III	0,5	0,3	26	I6	27	37-I2	56	6	I0
		дно	31	I8	28	42-I6	59	I5	6	
	IV	0,3	0,3	44	3I	37	68-I8	88	7	I
		дно	56	46	49	70-27	I60	II	II	
		0,7	0,3	56	43	36	87-25	I55	20	I0
		дно	52	36	36	77-25	I25	I3	I0	
Весеннее половодье										
Вычегда	I	0,5	0,3	II	I4	3	28-0	34	0	I3
	II	0,7	0,3	I3	I2	I2	25-0	29	0	I2
	III	0,5	0,3	4	6	0	7-0	I9	0	9
	IV	0,5	0,3	8	I0	2	2I-0	24	0	I3
Летнее половодье										
Северная Двина:	I	0,3	0,3	9	I0	II	I6-7	33	3	I0
	II	0,3	0,3	II	9	8	I8-4	28	0	I2
		дно	9	I0	7	8-4	30	0	7	
основное русло дельта	III	0,7	0,3	I0	7	9	I4-5	24	0	I2
		дно	I0	7	9	I4-5	24	0	I2	

Продолжение приложения 15

Водоток	№ отверса	Вертикаль	Горизонт, м	С	ε	С	Н	Экстремум		Длина ряда, л
								максимум	минимум	
III			дно	7	4	8	9-4	13	0	7
	II	0,5	0,3	I3	II	8	22-5	35	0	I2
	III	0,5	0,3	I0	5	II	I4-7	16	0	9
	IIV	0,5	0,3	I0	9	8	I7-3	28	0	II
	IV	0,5	0,3	9	6	8	I0-7	24	0	II
			дно	8	5	8	9-6	I7	0	7
	VII	0,3	0,3	I6	IO	I4	23-8	35	0	I2
			дно	I2	8	I2	I9-6	22	3	7
		0,7	0,3	I4	IO	I3	I8-8	35	0	I2
			дно	I0	8	9	I6-5	22	0	7
VII	II	0,5	0,3	I4	IO	I2	22-6	31	0	I2
			дно	9	7	9	I5-2	19	0	8
	III	0,3	0,3	II	8	IO	I4-6	27	0	I2
			дно	I7	I3	I8	27-7	34	0	6
VIII		0,7	0,3	I2	8	I2	I8-6	27	0	I2
			дно	I2	II	I3	20-0	27	0	6
				Летний максимум						
Вычегда	I	0,5	0,3	7	6	7	9-4	I4	0	5
	II	0,7	0,3	28	I5	26	31-16	53	I5	5
	III	0,5	0,3	I0	7	I4	I4-6	15	0	5
	IIV	0,5	0,3	I0	I6	0	31-0	44	0	II

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								макси- мум	мини- мум	
Северная Двина:										
основное русло	III	0,5	0,3	I5	I2	II	2I-8	37	0	8
	IУ	0,3	0,3	23	I6	22	37-9	55	0	10
дельта	I	0,3	0,3	I4	8	I4	2I-8	26	0	II
			дно	I8	II	I9	24-I0	38	0	9
		0,7	0,3	I4	7	I6	20-8	25	3	II
			дно	I8	II	I8	23-9	38	0	9
	II	0,5	0,3	I3	9	I2	I8-6	30	0	II
	III	0,5	0,3	6	7	5	8-0	2I	0	9
	IУ	0,5	0,3	7	7	8	I0-0	20	0	II
	У	0,5	0,3	9	I0	6	I4-2	28	0	II
			дно	II	I6	6	I7-0	52	0	I0
	УI	0,3	0,3	I9	I4	I4	24-II	45	0	I0
			дно	I7	I6	I2	20-I0	49	0	9
		0,7	0,3	22	I6	20	38-II	49	0	I0
			дно	20	I2	22	24-I4	43	0	9
	УП	0,5	0,3	I4	9	I6	20-7	26	0	II
			дно	I4	I2	7	23-7	3I	0	9
	УШ	0,3	0,3	32	23	29	50-8	67	5	9
			дно	24	I4	22	35-I2	45	6	8
		0,7	0,3	37	33	24	5I-II	I07	6	9
			дно	I4	I2	I0	I8-6	39	0	8

Окончание приложения 16

Водоток	№ отверса	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длана ряда
								макси- мум	мини- мум	
Осень										
Вычегда	I	0,5	0,3	33	I2	32	40-30	42	9	6
	II	0,7	0,3	35	I3	39	44-21	49	I7	5
	III	0,5	0,3	I8	I9	I0	24-7	50	0	5
Дельта Северной Двины	I	0,3	0,3	I3	II	I0	I9-8	33	0	II
			дно	I4	II	I0	21-9	30	0	9
		0,7	0,3	I4	I0	9	20-8	33	0	II
			дно	I2	I0	9	I7-6	26	0	9
I73	II	0,5	0,3	I3	I0	I3	I9-4	32	0	IO
	III	0,5	0,3	II	3	I0	I3-9	I5	6	9
	IУ	0,5	0,3	8	6	9	I0-2	20	0	II
	У	0,5	0,3	I2	7	I2	I4-8	25	0	II
			дно	I2	8	I0	I8-8	25	0	9
УI	0,3	0,3	I6	I5	I2	22-7	50	0	II	
			дно	I3	9	II	I6-6	29	I	IO
	0,7	0,3	22	36	7	22-6	I24	0	0	II
			дно	I3	II	I0	I8-5	32	0	IO
УII	0,5	0,3	I3	I0	I2	24-6	28	0	0	IO
			дно	I8	I3	I3	25-I2	41	0	8
УШ	0,3	0,3	I6	20	9	I8-3	66	0	II	
			дно	I4	II	I2	22-9	32	0	9
	0,7	0,3	I2	I0	9	I4-7	30	0	0	II
			дно	9	6	I0	II-6	I9	0	9

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

Водоток	Н о в о р а 	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								макси- мум	мини- мум	
Зимняя межень										
Сухона	I	0,3	0,3	1410	2070	940	1030-560	7500	430	II
	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	0,3	188	196	150	260-60	700	0	II
		дно		II6	II8	100	170-0	340	0	10
		0,7	0,3	140	104	150	215-60	340	0	II
		дно		144	141	120	240-20	380	0	II
	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

Продолжение приложения I6

Водоток	Н _{отвора}	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	ε	С	Н	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								макси- мум	мини- мум	
I75	IУ	0,5	0,3	I65	I76	70	355-30	410	0	8
	У	0,5	0,3	I60	79	I70	205-II5	310	40	II
			дно	I83	I55	I45	310-40	460	0	IO
	УI	0,3	0,3	I64	I22	I20	220-II0	390	0	9
			дно	I70	213	95	220-45	640	0	8
		0,7	0,3	236	278	I80	310-70	940	0	IO
			дно	249	250	I20	370-90	800	0	9
	УII	0,5	0,3	I72	I47	I35	390-I00	410	0	9
			дно	88	82	85	I60-0	200	0	6
	УIII	0,3	0,3	44I	368	385	500-200	I380	80	IO
			дно	37I	382	260	380-I20	I340	90	IO
		0,7	0,3	430	443	350	450-I70	I540	I20	9
			дно	336	I72	370	460-250	550	80	9
Весеннее половодье										
Сухона	I	0,3	0,3	400	220	410	730-210	750	0	I4
	II	0,5	0,3	910	600	870	I210-670	2100	0	IO
	III	0,5	0,3	590	600	520	I050-220	2030	0	I8
Вычегда	I	0,5	0,3	600	210	600	710-440	III0	290	9
	II	0,7	0,3	500	430	410	720-200	I250	0	8
	III	0,5	0,3	630	I80	590	700-530	820	200	7
	IУ	0,5	0,3	540	200	550	670-500	800	I20	7

Продолжение приложения I6

Водоток	№ отверса	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	ε	С	Н	Экстремум		Длина ряда %
								макси- мум	мини- мум	
Северная Двина:										
основное русло	I	0,5	0,3	590	420	520	780-340	I320	80	6
	II	0,5	0,3	I50	220	80	I60-50	760	0	10
	III	0,5	0,3	I70	60	I60	210-I20	250	80	7
	IV	0,3	0,3	I10	230	230	250-80	420	0	10
дельта	I	0,3	0,3	I97	I51	I90	265-75	550	40	II
		дно	I78	83	I70	220-I40	290	70	5	
		0,7	0,3	I94	I87	I20	230-90	700	40	II
		дно	228	269	I55	I90-80	800	70	6	
	II	0,5	0,3	I14	83	70	I75-65	240	0	II
	III	0,5	0,3	I59	I85	I00	I70-60	620	0	9
	IV	0,5	0,3	I29	71	I30	I60-70	280	40	10
	V	0,5	0,3	223	323	I30	I70-85	II80	60	II
		дно	265	265	I45	240-I30	800	I30	6	
	VI	0,3	0,3	I90	221	I50	230-70	800	0	II
		дно	231	260	I40	220-I00	800	40	7	
		0,7	0,3	256	326	I50	225-60	980	0	II
		дно	243	259	I60	235-215	800	40	7	
	VII	0,5	0,3	I95	291	80	225-45	I000	0	II
		дно	206	358	90	I60-15	I000	0	7	
	VIII	0,3	0,3	236	334	II9	360-30	II00	0	10

Продолжение приложения 16

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								мако- мум	мини- мум	
Сухона	0,7	дно	90	II5	40	80-40	290	0	5	
		0,3	242	343	II0	435-20	II00	0	II	
		дно	97	II4	50	230-0	250	0	6	
Летняя межень										
Сухона	I	0,3	0,3	600	500	400	800-II0	I700	0	23
	III	0,5	0,3	400	200	400	500-200	II00	I00	I0
Вычегда	I	0,5	0,3	250	250	200	280-II0	820	0	8
	II	0,7	0,3	340	I70	300	430-210	650	I00	I0
	III	0,5	0,3	600	620	430	810-I40	I940	90	8
	IV	0,5	0,3	I70	240	I80	220-II0	300	0	8
Северная Двина:										
основное руло	I	0,5	0,3	370	280	340	560-220	840	30	9
	II	0,5	0,3	60	50	50	II0-20	I50	I0	9
	III	0,5	0,3	I80	I90	I30	220-50	520	0	8
дельта	I	0,3	0,3	I40	I80	I60	210-0	I200	0	3I
	I	0,3	0,3	I54	I76	90	I80-45	580	0	II
		дно	I52	I50	I45	I90-30	440	0	I0	
Северная Двина:	0,7	0,3	95	II4	80	I20-I0	390	0	II	
		дно	I73	246	80	I70-30	760	0	9	
	II	0,5	0,3	II5	I65	65	80-50	560	0	I0

Продолжение приложения 16

Водоток	Место	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	ε	С	Н	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								макси- мум	мини- мум	
178	III	0,5	0,3	84	73	50	I20-50	200	0	9
	IУ	0,5	0,3	74	96	50	80-0	300	0	9
	У	0,5	0,3	91	II6	50	I30-I0	360	0	9
			дно	74	I09	40	70-0	340	0	9
	УI	0,3	0,3	78	53	60	90-50	I40	0	9
			дно	47	52	30	80-0	I20	0	9
		0,7	0,3	94	II9	40	I00-40	400	0	9
			дно	74	72	65	75-35	240	0	8
	УII	0,5	0,3	I20	I74	80	I30-30	620	0	II
			дно	I41	I46	I30	I70-80	490	0	9
Сухона	УIII	0,5	0,3	I84	I07	210	230-90	400	0	9
			дно	I44	88	I60	210-75	260	0	8
			дно	0,3	92	74	I00	II5-35	240	0
					84	75	II0-60	250	0	9
					Осень					
	I	0,3	0,3	780	510	600	I410-790	320	320	7
	II	0,5	0,3	510	410	520	900-I20	I000	20	4
	III	0,5	0,3	630	400	590	900-I00	990	I0	6
Вычегда	I	0,5	0,3	220	240	I60	530-60	640	40	7
	II	0,7	0,3	380	I50	360	450-330	650	200	6
	III	0,5	0,3	400	200	400	400-300	650	I90	6
	IУ	0,5	0,3	I80	I60	I20	270-0	420	0	5

Водоток	#	створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	C	ε	Ĉ	H	Экстремум		Длина ряда n
									макси- мум	мини- мум	
Северная Двина:											
основное русло	II	0,5	0,3	I50	60	I30	I50-I100	270	9	6	
	III	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	0,3	I57	I07	I50	I90-II10	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-II10	400	20	9	
	II	0,5	0,3	II6	86	90	I45-60	300	40	8	
	III	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	0,3	I97	262	95	210-60	880	20	10	
УI			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-I100	380	30	9	
			дно	I52	I28	I40	I70-80	380	0	6	
УШ	УI	0,3	0,3	I83	I35	I50	255-80	480	40	II	
			дно	I48	I61	90	260-15	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	№ отмара	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
Зимняя 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 рудоно	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	0,3	260	110	285	310-150	440	120	10
			дно	246	120	285	340-120	400	60	10
			0,7	0,3	254	149	275	350-120	450	40
				дно	268	134	305	380-180	430	40
	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

Продолжение приложения I7

Водоток	# створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								макси- мум	мини- мум	
НВ	У	0,5	0,3	I90	I22	I90	280-I25	350	0	II
		дно	2II	I30	I90	280-I30	450	20	I0	
	УI	0,3	0,3	276	I54	270	365-I90	520	0	I0
		дно	I6I	I4I	240	370-I90	370	0	9	
	УII	0,7	0,3	275	I59	240	365-I95	540	0	I0
		дно	263	I59	300	340-I70	540	0	9	
	УIII	0,5	0,3	I78	I56	I60	260-55	490	0	II
		дно	205	I10	I85	270-I20	380	70	6	
	УIV	0,3	0,3	220	I23	220	315-I35	380	I0	II
		дно	I78	I22	I60	260-I00	360	20	I0	
	УV	0,7	0,3	286	I24I	240	340-I50	900	I0	I0
		дно	222	I25	I95	355-I50	360	20	8	
Весеннее половодье										
Сухона	I	0,3	0,3	I20	I10	I00	220-20	310	0	II
	II	0,5	0,3	I80	I30	I60	280-40	490	I0	I9
	III	0,5	0,3	I04	60	98	70-20	220	0	I2
Вычегда	II	0,7	0,3	20	40	0	60-0	80	0	6
	III	0,5	0,3	I0	I2	5	20-0	30	0	4
	IV	0,5	0,3	I10	90	I00	I10-50	300	0	6
Северная Двина: основное русло	I	0,5	0,3	70	56	70	I00-40	I60	30	8

Продолжение приложения I7

Водоток	№ отверса	Вертикаль	Горизонт, м	С	б	С	Н	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								максимум	минимум	
дельта	II	0,5	0,3	80	63	70	70-30	240	20	10
	III	0,5	0,3	20	I5	20	30-20	40	0	7
	IУ	0,3	0,3	20	I5	I0	20-I0	90	0	10
	I	0,3	0,3	40	43	20	80-20	I20	0	10
			дно	35	37	20	80-I0	80	0	6
			0,7	0,3	I7	II	20	20-I0	30	0
				дно	22	25	I5	20-I0	70	0
	II	0,5	0,3	2I	I3	20	20-I0	50	I0	II
	III	0,5	0,3	I06	I46	20	200-20	420	I0	9
	IУ	0,5	0,3	I7	8	20	20-I0	30	0	10
У	У	0,5	0,3	I6	II	I0	20-I0	40	0	II
				дно	I7	I6	I0	20-I0	50	0
			0,7	0,3	I5	I6	I0	20-I0	60	0
				дно	23	22	I5	20-I0	60	0
				0,7	0,3	I6	I4	I0	20-I0	50
					дно	I8	2I	I0	40-I0	50
					0,7	I8	I0	40-I0	50	0
	УI	0,3	0,3	I5	I6	I0	20-I0	60	0	II
				дно	23	22	I5	20-I0	60	0
				0,7	0,3	I6	I4	I0	20-I0	50
УП	УП	0,5	0,3	I3	9	I0	20-I0	30	0	10
				дно	8	8	I0	I0-0	20	0
				0,7	0,3	I3	I4	I0	I0-I0	50
					дно	I8	I8	I0	I0-I0	50
					0,7	0,3	I7	I3	I0	20-I0
					дно	20	20	I0	20-I0	50

Продолжение приложения 17

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								макси- мум	мини- мум	
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	II
Вычегда	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
П	IU	0,5	0,3	90	100	20	200-0	210	0	5
	U	0,5	0,3	10	10	10	20-0	20	0	5
Северная Двина:										
основное руло	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	II	10	20-10	60	0	8
дельта	IU	0,3	0,3	20	30	20	30-0	100	0	10
	I	0,3	0,3	I7	II	20	20-10	30	0	9
	дно	16	10			20	20-10	30	0	9
	0,7	0,3	I8	I9	10	20-10	60	0	9	
	дно	I2	7			10	20-10	20	0	9
	II	0,5	0,3	I2	II	15	20-0	30	0	10
	III	0,5	0,3	II	II	10	20-0	30	0	9
	IU	0,5	0,3	23	28	20	20-0	80	0	9
	U	0,5	0,3	I4	I2	15	20-0	30	0	10

Продолжение приложения I7

Водоток	№ отвора	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	ε	С	Н	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								макси- мум	мини- мум	
184	У1	0,3	дно	12	13	10	20-0	40	0	10
			0,3	23	24	20	20-10	80	0	9
			дно	15	12	10	20-10	40	0	8
	У2	0,7	0,3	14	9	10	20-10	30	0	9
			дно	20	17	20	20-10	60	0	9
			0,5	15	16	10	20-5	50	0	11
	У3	0,3	дно	22	30	15	20-0	100	0	10
			0,3	27	21	20	30-15	70	10	7
			дно	26	19	20	30-20	60	0	7
	У4	0,7	0,3	31	29	20	45-15	90	0	8
			дно	20	18	20	20-10	60	0	8
Осень										
Сухона	II	0,5	0,3	120	100	65	230-10	350	0	4
Вычегда	I	0,5	0,3	20	20	10	40-0	60	0	4
	II	0,7	0,3	40	37	30	70-10	100	0	4
	III	0,5	0,3	70	210	0	140-0	280	0	4
Северная Двина:										
основное	II	0,5	0,3	70	30	70	80-30	120	30	6
русло	III	0,5	0,3	36	35	120	55-10	90	0	3
дельта	I	0,3	0,3	40	35	30	40-20	120	10	10
			дно	31	26	20	40-20	90	0	9

Окончание приложения 17

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	ε	С	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
I	0,7	0,3	29	19		30	40-10	60	0	10
		дно	29	23		20	30-20	70	0	9
	0,5	0,3	26	25		20	40-10	80	0	9
	0,5	0,3	22	12		20	30-10	40	10	9
	0,5	0,3	25	21		20	20-10	80	10	10
	0,5	0,3	30	28		25	40-10	90	0	10
		дно	19	18		20	20-10	60	0	9
	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
УП	0,5	0,3	38	26		30	50-20	80	10	9
		дно	29	30		20	30-15	100	0	8
	0,3	0,3	63	44		50	90-30	150	20	10
		дно	32	22		30	30-20	80	10	9
УШ	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, мг/л

Водоток	Место	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	δ	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
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
1968 Вычегда	I	0,5	0,3	2	2	I	2-I	7	0	8
	II	0,7	0,3	6	5	8	II-0	13	0	II
	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 рудло	I	0,5	0,3	2	2	2	2-I	6	0	9
	II	0,5	0,3	3	I	3	3-2	6	I	10
	III	0,5	0,3	2	I	2	3-I	4	0	9
	IV	0,3	0,3	23	55	3	I2-2	180	2	10
дельта	I	0,3	0,3	18	35	3,0	6,5-2,0	110	0	12
		дно	I4	33	3,0	7-2	II8	I	II	
		0,7	0,3	10	I8	3,0	4-2	50	I	12
		дно	8,7	I8	3,5	4,5-I,5	64	0	II	
	II	0,5	0,3	8,0	I3	2,0	5-I	38	0	9
	III	0,5	0,3	2,2	I,2	2,0	3-I	5	0	10

Продолжение приложения 18

187

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	σ	С	Н	Экстремум		Длина ряда <i>n</i>
								макси- мум	мини- мум	
И	IV	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	10
	VI	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	I7-3	23	2	9
	VII	0,5	0,3	25	45	3,0	I2-2,5	I24	I	II
			дно	16	16	7,0	30-4	42	3	6
	VIII	0,3	0,3	25	24	23	30-8,5	86	I	II
Сухона			дно	58	66	28	I08-I4	205	I	10
		0,7	0,3	II2	I44	26	I86-II	398	8	II
			дно	63	91	I4	64-I0	275	2	9
	Весеннее половодье									
	I	0,3	0,3	I8,0	30,0	3,0	2I-2	I2I	0	I6
Вычегда	II	0,5	0,3	9,0	22,0	5,0	9-I	III	0	23
	III	0,5	0,3	6,0	5,0	6,0	II-0	I7	0	I3
	I	0,5	0,3	1,0	2,0	0,0	I-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	I,0	I-0	2	0	4
	IV	0,5	0,3	I5,0	28,0	0	5-0	68	0	5

Водоток	# створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда n	
								макси- мум	мини- мум		
Северная Двина:											
I	основное руло	I	0,5	0,7	I,0	2,0	0,0	0-0	7	0	9
		II	0,5	0,3	I,0	2,0	I,0	2-0	4	0	10
		III	0,5	0,3	2,3	9,0	0	I-0	10	0	7
		IU	0,3	0,3	I,0	I,0	I,0	2-0	2	0	10
	дельта	I	0,3	0,3	I,3	I,I	I,0	2,0-0,5	3	0	I2
				дно	I,I	I,I	I,0	I,5-0,5	3	0	7
			0,7	0,3	I,I	0,9	I,0	I,5-0,5	3	0	I2
				дно	I,6	I,I	I,0	2,5-I,0	3	0	7
		II	0,5	0,3	I,3	I,0	I,5	2,0-0,5	3	0	I2
		III	0,5	0,3	I,6	I,6	I,0	2-I	5	0	9
		IU	0,5	0,3	I,0	0,8	I,0	I,5-0,5	2	0	II
		У	0,5	0,3	0,8	0,7	I,0	I-0	2	0	I2
				дно	0,8	0,7	I,0	I-0	2	0	9
		UI	0,3	0,3	I,0	0,8	I,0	2-0	2	0	I2
II				дно	0,6	0,6	I,0	I-I	2	0	6
			0,7	0,3	0,7	0,8	0,5	I-0	2	0	I2
				дно	0,6	0,5	I,0	I-0	I	0	6
		УП	0,5	0,3	I,2	I,I	I,0	2-0	3	0	I2
				дно	0,8	I,2	0	I,5-0,0	3	0	8
		УШ	0,3	0,3	2,I	3,0	I,0	2,5-0,0	10	0	I2
				дно	0,7	0,8	0,5	I-0	2	0	6

Продолжение приложения 18

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	С	ε	С	Н	Экстремум		Длина ряда n		
								макси- мум	мини- мум			
				0,7	0,3	I,1	0,9	I,0	I,5-0,5	3	0	I2
			дно		I,7		3,I	0,5	I-0	3	0	6
Летняя межень												
691	Сухона	I	0,3	0,3	2,0	3,0	0,0	I-0	9	0	I4	
		II	0,5	0,3	6,0	20	6,0	I-0	16	0	II	
		III	0,5	0,3	7,0	I7	I,0	3-0	46	0	I2	
	Вычегда	I	0,5	0,3	2,0	2,0	0	I-0	5	0	6	
		II	0,7	0,3	I3,0	20	I,0	20-0	60	0	6	
		III	0,5	0,3	2,0	3,0	I,0	I9-0	26	0	5	
Северная Двина:												
основное рудоо	основное рудоо	I	0,5	0,3	I,0	I,0	I,0	I-0	3	0	I0	
		II	0,5	0,3	I,0	2,0	I,0	2-0	3	0	9	
		III	0,5	0,3	I,0	I,0	0	2-0	3	0	8	
		IV	0,5	0,3	2,0	2,0	2,0	3-0	8	0	I0	
	дельта	I	0,3	0,3	I,3	I,7	I,0	I,5-0	6	0	II	
			дно		0,9	I,2	0	2-0	3	0	9	
			0,7	0,3	0,8	0,9	I,0	I-0	3	0	II	
				дно	I,1	I,3	I,0	2-0	3	0	9	
II		II	0,5	0,3	5,3	I,4	I,0	2-0	48	0	II	
		III	0,5	0,3	0,7	0,9	I,0	I-0	2	0	9	
		IV	0,5	0,3	0,7	0,9	I,0	I-0	3	0	II	

Продолжение приложения 18

Водоток	№ отверса	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	σ	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
190	У	0,5	0,3	0,6	0,9	0	I-0	2	0	II
			дно	0,5	0,9	0	I-0	3	0	II
	УІ	0,3	0,3	I, I	I, 8	0,5	I-0	43	0	10
			дно	0,9	2,0	0	I-0	6	0	9
	УІІ	0,7	I, 3	I, 2	I, 8	I, 0	I-0	6	0	10
			дно	3, I	6, 9	0	I-0	2I	0	9
	УІІІ	0,5	0,3	2, 5	5, 9	I, 0	I, 5-I, 0	2I	0	I2
			дно	4, 4	6, 8	I, 0	6-0	2I	0	II
	УІІІ	0,3	0,3	3, 2	2, 2	2, 5	5-I	7	I	10
			дно	2, 9	2, 4	2, 0	4-I	7	0	9
	УІІІ	0,7	0,3	3, 8	2, 7	3, 5	6-I	8	0	10
			дно	I, 9	I, 9	I, 0	2-I	5	0	9
Осень										
Сухона	I	0,3	0,3	6, 0	I, 0	I, 0	3-0	4	0	8
	ІІ	0,5	0,3	4, 0	7, 0	I, 0	2-0	I7	0	5
	ІІІ	0,5	0,3	I, 0	I, 0	0	I-0	2	0	6
Вычегда	I	0,5	0,3	2, 0	2, 0	0	2-0	6	0	8
	ІІ	0,7	0,3	6, 0	6, 0	3, 0	I0-I, 5	I8	0	II
Северная Двина: основное русло	ІІ	0,5	0,3	2, 0	2, 0	3, 0	3-0	3, 0	0	6

Водоток	№ створа	Верти- каль	Гори- зонт, м	\bar{C}	ϵ	\hat{C}	Н	Экстремум		Длина ряда n
								макси- мум	мини- мум	
дельта	I	0,3	0,3	I,4	I,7	I,0	3-0	5	0	I2
		дно	I,9	2,0	I,0	2-I		6	0	9
	0,7	0,3	I,2	I,5	I,0	2-0		5	0	I2
		дно	I,2	I,2	I,0	I-I		4	0	9
	II	0,5	0,3	0,8	I,0	I,0	I-0	3	0	II
	III	0,5	0,3	I,0	I,3	I,0	I-0	4	0	9
	IV	0,5	0,3	0,5	0,7	0	I-0	2	0	I2
	Y	0,5	0,3	0,8	I,0	0,5	I-0	3	0	I2
		дно	I,3	I,2	I,0	2-0,5		4	0	II
	VI	0,3	0,3	0,8	I,0	0,5	I,5-0,0	3	0	I2
У1		дно	I,0	I,0	I,0	I,0	I,5-0,0	3	0	II
	0,7	0,3	I,0	I,8	0	I-0		6	0	II
		дно	I,2	I,8	I,0	I-0		6	0	I0
	УII	0,5	0,3	I,3	I,2	I,0	2-0	3	0	I3
		дно	I,8	I,5	2,0	3,0-0,5		4	0	II
	УIII	0,3	0,3	2,8	2,9	2,0	3-I	8	0	I3
		дно	3,5	5,5	I,5	5-0	I8	0	0	I0
	0,7	0,3	2,1	I,6	2,0	2-I		5	0	I3
		дно	2,6	4,1	I,5	2-0	I3	0	0	I0

Средние и характерные расходы воды Северной Двины

Выходная характеристика за период наблюдений	Среднегодовой расход воды, м ³ /с	Среднегодовой модуль стока л/(с·км ²)	Годовой слой стока, мм	Годовой объем стока, км ³	Характерный расход воды					
					Наибольший		Наименьший		зимний	
					м ³ /с	дата	м ³ /с	дата	м ³ /с	дата
д. Абрамково, $F = 220\ 000\ \text{км}^2$, 1877-1980 гг.										
Средний	1930	8,76	276	62,2	12 000	38I	-	-	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	II, 12.II.72	65,0	05-07.10.1880
д. Звоз, $F = 285\ 000\ \text{км}^2$, 1930-1980 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, $F = 348\ 000\ \text{км}^2$, 1881-1980 гг.										
Средний	3320	9,54	301	105	21 600	-	671	-	1460	
Наибольший	5250	15,1	475	165	36 200	28.04.53	II 40	20.02.1889 29.02.24	2720	13.09.1888
Наименьший	1780	5,11	161	56,1	II 100	30.04.37	319	30.01-28.02 1886	289	II.I2.08.1885

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абузяров З.К., Шамраев Ю.И. Морские гидрологические информации и прогнозы. - Л.: Гидрометеоиздат, 1974, с. 90-95.
2. Алексин О.А. Основы гидрохимии. - Л.: Гидрометеоиздат, 1970. - 444 с.
3. Бреолав Е. и др. Снежный покров - источник загрязнения поверхностных вод - В кн.: Проблемы фонового мониторинга состояния природной среды. Вып. 4. Л., 1986, с. 75-79.
4. Вознесенский Г.Ф. Методы математического моделирования загрязнения речной воды. - Труды ИИГ, 1979, вып. 31, с. 51-70.
5. Вопросы исследования и прогнозирования загрязненности рек. - Гидрохимические материалы, 1977, т. ХУП, с. 52-63.
6. Временные методические рекомендации по оперативному прогнозированию загрязненности рек. - Л.: Гидрометеоиздат, 1981. - 103 с.
7. Гидрология устьевой области Северной Двины. - М.: Гидрометеоиздат, 1965. - 376 с.
8. Грин Н.М. Применение статистических методов в задачах контроля загрязнения воды - В кн.: Математические модели контроля загрязнения воды. М., 1981, с. 88-104.
9. Драган Я.П., Рожков В.А., Лворский 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, с. 4-23.
10. Ершов А.А. Стабильные методы оценки параметров. - Автоматика и телемеханика, 1978, № 8, с. 66-100.
11. Лупачев Ю.В., Макарова Т.А. Проникновение морских вод в рукава дельты Северной Двины и его возможные изменения. - Труды ГОИИ, 1984, вып. 172, с. 117-125.
12. Макомова М.П. Воздействие техногенного геохимического давления на внутриматериковые моря. - Водные ресурсы, 1986, № 5, с. 159-164.
13. Мальцев С.В., Байдин С.С. О многолетних колебаниях отока рек Европейской территории СССР. - Труды ГОИИ, 1982, вып. 161, с. 31-41.
14. Матвеев А.А. Атмосферные осадки и оток растворимых веществ. - Гидрохимические материалы, 1967, т. 45, с. 5-21.
15. Методические основы оценки антропогенного влияния на качество поверхностных вод. - Л.: Гидрометеоиздат, 1981. - 96 с.

16. М етодические указания по химическому анализу растворенных вод морских устьевых областей рек и эпиконтинентальных морей. - М.: Гидрометеоиздат, 1984. - 84 с.
17. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод озера. Том I: РСФСР, вып. 8. - Л.: Гидрометеоиздат, 1986. - 394 с.
18. М оостеллер Ф., Тьюки Дж. Анализ данных и регрессия. - М.: Финансы и статистика, 1982, вып. I, с. 319.
19. Павлючук Ю.П., Кузнецов В.С., Каплин В.Т. Некоторые особенности кислородного режима дельты Северной Двины - Гидрохимические материалы, 1979, т. XXУ, с. 35-42.
20. Руководство по методам химического анализа морских вод. - Л.: Гидрометеоиздат, 1977. - 208 с.
21. Руководство по химическому анализу поверхностных вод озера. - Л.: Гидрометеоиздат, 1977. - с. 275, 288.
22. Справочник по водным ресурсам СССР. Том II. Северный край. - Л.: Гидрометеоиздат, 1934. - 636 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
I. 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