

Н. С. ХАРКЕВИЧ

## СТОК РАСТВОРЕННЫХ ВЕЩЕСТВ РЕК СЕВЕРНОГО И СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖИЙ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

В результате работ, проведенных лабораторией гидрохимии Карельского филиала АН СССР в течение 1958 г. и первой половины 1959 г. на реках северного и северо-восточного побережий Ладожского озера, стало возможным подсчитать количество растворенных веществ, выносимых этими реками с территории Карелии в Ладожское озеро.

Как известно, изучение стока растворенных веществ представляет большой интерес при исследованиях условий формирования химического состава водных объектов, а также для разрешения вопросов, связанных с выщелачиванием почв и вообще с химической денудацией.

Данных по химическому стоку рек северного и северо-восточного побережий Ладожского озера в литературе нет, поскольку химический состав рек этого района почти не изучался. Исключением является лишь р. Олонка, по которой в Гидрологическом ежегоднике за 1940 г. напечатано 2, а с 1951 г. ежегодно печатается от 3 до 6 анализов воды (в основном на ионный состав за различные сезоны).

Нашими исследованиями были охвачены семь наиболее крупных рек северного и северо-восточного побережий Ладожского озера: Олонка, Тулокса, Видлица, Анаёги, Тулема, Уксунъёки и Янисъёки. В данной статье излагаются материалы по четырем рекам: Олонке, Видлице, Тулеме и Янисъёки, на которых велись наблюдения за расходом воды. Основные характеристики указанных рек даны в табл. 1.

Таблица 1

Основные характеристики рек северо-восточного и северного побережий Ладожского озера

	Название реки	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	% от площади собственного бассейна Ладожского озера	Длина системы, км	Общее падение, м	Средний годовой расход воды, м <sup>3</sup> /сек	Модуль среднего многолетнего стока, л/сек/км <sup>2</sup>
Северо-восточное Приладожье	Олонка . . . . .	2631	1,32	144,1	161	29,3	11,1
	Видлица . . . . .	1400	0,73	98,8	87	16,7	12,0
Северное Приладожье	Тулема . . . . .	1841	0,96	109,2	165	21,5	11,7
	Янисъёки . . . . .	3869	2,02	105,0	65 <sup>1</sup>	42,5	11,0

<sup>1</sup> В пределах СССР.

Для подсчета стока растворенных веществ использованы данные почти ежемесячных анализов проб (по 10 анализам), отобранных в течение 1958 г. в приустьевых участках рек: на р. Олонке у пос. Юксылы и Нурмойлы (4—6 км от устья), на р. Видлице у моста в пос. Видлица, на р. Тулеме у моста в пос. Салми, на р. Янисъёки в 400 м от устья.

Химические анализы проводились методами, изложенными в «Современных методах химического анализа природной воды» (определение жесткости, кальция, хлора), под редакцией О. А. Алекина 1955 г. и руководстве О. А. Алекина 1954 г. «Химический анализ вод суши» (биогенные элементы, гидрокарбонаты, рН,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ , сухой остаток, общий фосфор).

Сульфаты определялись весовым методом при выпаривании 1 л воды, общий азот — по микроварианту Т. В. Дышко (1953),  $\text{Mg}^{++}$  — вычислялся;  $\text{K}^+$  и  $\text{Na}^+$  с января по май 1958 г. определялись аналитически:  $\text{K}^+$  — кобальтнитритным методом,  $\text{Na}^+$  — уранилацетатным; в последующих пробах вычислялись по разности между суммой анионов и определенных катионов. Как правило, в пробах рек Янисъёки и Тулемы, а в отдельных случаях в пробах Олонки и Видлицы сумма анионов ( $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{--} + \text{Cl}^-$ ) была меньше суммы  $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ , поэтому вынос  $\text{K}^+$  и  $\text{Na}^+$  дается с меньшей точностью, чем других компонентов. Органический углерод и общее содержание органических веществ рассчитаны по данным бихроматной окисляемости методом Скопинцева (1950).

Все определения велись в нефилтрованных пробах, так как взвешенные вещества в названных реках существенного значения не имеют.

#### ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕВЕРНОГО И СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖИЙ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА<sup>1</sup>

Бассейны рек северного и северо-восточного побережий Ладожского озера расположены в южной краевой части Балтийского кристаллического щита. Кристаллический фундамент этого района сложен метаморфизованными породами архея и протерозоя. Верховье Тулемы слагают в основном архейские олигоклазовые, частью плагиомикроклиновые гнейсо-граниты и мигматиты, местами встречаются нижнепротерозойские граниты, габбро-диабазы, диабазы и метапорфириты. Низовья Тулемы и Видлицы сложены верхнепротерозойскими гранитами — рапакиви. В верховье р. Олонки залегают архейские и протерозойские гранодиориты, плагиоклазовые и плагиомикроклиновые граниты и мигматиты. В средней части района распространены среднепротерозойские габбро, габбро-диабазы и диабазы. По нижнему течению Олонки залегают кембрийские песчаники и глины ламиноритового горизонта. В бассейне р. Мегреги (притока Олонки) преобладают синие глины и песчаники. Район оз. Янисъярви и нижнее течение Янисъёки подстилаются ладожскими сланцами и слюдястыми кварцитами. Местами (на северо-востоке Янисъярви) встречаются карбонатные породы.

Состав коренных пород в основном обуславливает очень низкую минерализацию и кислую реакцию вод района.

Четвертичные отложения покрывают район неравномерно. В северном Приладожье толща четвертичных отложений незначительна. В районе Олонецкой равнины мощность четвертичных отложений до 20 м, в районе устья Тулемы увеличивается до 40 м.

<sup>1</sup> Выборка сделана из рукописи Ю. Б. Литинского (1960).



Рельеф в северном Приладожье расчлененный. Бассейны Видлицы и Олонки расположены на Олонецкой равнине, в южной части которой распространены обширные болотные массивы низинного типа. Верховья рек расположены на Ладожской покатости Онежско-Ладожского водораздела.

Почвообразовательные процессы в условиях Карелии проникают на глубину 65—80 см. На Олонецкой равнине преобладают суглинистые, глинистые и дерново-подзолистые почвы, встречаются торфяно-глеевые и торфяные. На северном побережье Ладожского озера распространены супесчаные, суглинистые, подзолистые, дерново-подзолистые и торфянистые почвы.

Заболоченность северного и северо-восточного районов Приладожья составляет в среднем до 20, заторфованность до 15%.

Лесами покрыто от 30 до 70% района; в северном Приладожье значительно распространены лиственные и смешанные леса, в северо-восточном — хвойные, с преобладанием еловых.

Климат Приладожья характеризуется продолжительной мягкой зимой и коротким прохладным летом. Среднее количество осадков 585 мм. Характерна высокая относительная влажность воздуха (65—85%) и неустойчивая погода.

Питание водных систем Приладожья преимущественно снеговое, с участием дождевого и подземного. Подземные воды северо-восточного Приладожья характеризуются высокой минерализацией (до 1,5 г/л), северного побережья — низкой. Наибольшие расходы воды, как правило, наблюдаются в мае и вызываются стоком талых вод. Наименьшие расходы характерны для марта. Вследствие регулирующего влияния озер, находящихся в речных системах, внутригодовые колебания стока имеют небольшую амплитуду. Величина среднего многолетнего модуля стока по району изменяется в пределах 10—12 л/сек с 1 км<sup>2</sup>.

#### КРАТКАЯ ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕК<sup>1</sup>

Реки северо-восточного и северного побережий Ладожского озера характеризуются низкой минерализацией воды. Сумма ионов в течение года колеблется в пределах 50,1—12,5 мг/л. Наибольшая минерализация наблюдается в зимний период с максимумом в марте-апреле, наименьшая — в период весеннего паводка (рис. 1).

Минерализация убывает от рек северо-восточного побережья к рекам северного побережья (от Олонки к Тулеме и Янисъёки, табл. 2, рис. 1). Снижение минерализации воды рек северного побережья обусловлено, на наш взгляд, тремя факторами: 1) значительно более низкой минерализацией подземных вод северного Приладожья по сравнению с северо-восточным. Подземные воды северного Приладожья бедны также фосфатами; 2) незначительной мощностью здесь четвертичных отложений: часто на поверхность выступают обнаженные коренные породы и русла рек выстланы гранитами; 3) различным типом входящих в водосбор болот: в северном Приладожье они преимущественно верховые, тогда как в северо-восточном низинные и переходные. Возможно, что в северном Приладожье меньше также доля подземных вод в питании рек.

Вода рек большую часть года относится к гидрокарбонатному классу, а на Тулеме в многоводные годы и в осенний паводок на некоторый

<sup>1</sup> Подробная гидрохимическая характеристика рек дана в другой статье (Харкевич, 1961).

срок принимает сульфатный характер (рис. 1). Происходит это вследствие того, что паводковые воды (снеговые и дождевые) являются «кислыми», не содержат гидрокарбонатов и, попадая в реку, не только разбавляют ее воды, но и сдвигают карбонатное равновесие в сторону уменьшения  $\text{HCO}_3^-$ . Концентрации  $\text{HCO}_3^-$  резко падают. Концентрации же сульфатов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) в паводковые периоды повышаются по сравнению с зимними, хотя не очень много. Это повышение связано со значительным их содержанием в атмосферных осадках (в талых водах). Так, наши анализы показали, что в снеговой и дождевой воде этого района содержится до  $4,3 \text{ мг/л SO}_4^{2-}$ , в то время как  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  в них отсутствуют.

П. П. Воронков (1951) указывает также, что в малых реках Карельского перешейка одним из источников сульфатов в паводковые периоды, особенно в осенний паводок, являются продукты минерализации растительных остатков, смываемых с почв и болот.

Таблица 2

Средние годовые концентрации суммы ионов, органического вещества и биогенных элементов рек Олонки, Видлици, Тулемы и Янисъёки,  $\text{мг/л}$

Реки	Сумма ионов	Органическое вещество	Кремний (Si)	Железо общее (Fe)	Азот (N)			Фосфор (P)	
					органический	аммонийный	нитратный	органический	минеральный
Олонка . . . . .	29,1	35,5	3,5	1,79	0,61	0,13	0,03	0,065	0,038
Видлица . . . . .	26,7	25,9	3,3	0,52	0,53	0,12	0,03	0,043	0,019
Тулема . . . . .	18,4	35,2	2,8	0,40	0,58	0,10	0,01	0,023	0,005
Янисъёки . . . . .	18,7	36,8	2,4	0,21	0,45	0,15	0,06	0,026	0,003

Вода р. Янисъёки вследствие значительного вторичного стока (сток промышленных вод целлюлозно-бумажного комбината «Ляскеля») в течение всего года от Харлу до устья относится к сульфатному классу.

В катионном составе преобладает кальций, но в отдельные сезоны концентрации магния в эквивалентных единицах близки к концентрациям кальция.

Наряду с низкой минерализацией для воды указанных рек характерно высокое содержание окрашенных органических веществ (гумусовых). Цветность воды колеблется в различные сезоны в пределах  $75-265^\circ$ , содержание органического вещества от  $22$  до  $48 \text{ мг/л}$ . Соотношение между суммой ионов и концентрацией органических веществ различно как для отдельных рек, так и по сезонам в каждой реке.

Реакция воды рек слабокислая: летом рН не превышает  $7,2$ , зимой и весной  $5,5-6,0$ . В течение всего года рН воды р. Тулемы ниже, чем воды Олонки, Видлици и Янисъёки. Характерной чертой газового режима рек северо-восточного и северного побережий Ладожского озера, как и всех гумусных водных объектов, является недонасыщенность их воды кислородом в течение всего года и высокие концентрации двуокиси углерода. Даже на порожистых участках в летний период максимальное насыщение кислорода составляло  $97-98\%$ .

Зимой подо льдом концентрации кислорода в Янисъёки, Тулеме и Видлице довольно высокие:  $77-90\%$  в Янисъёки;  $83-85\%$  в Тулеме и  $84-76\%$  в Видлице. В воде р. Олонки вследствие ее более спокойного



течения, а также сильного влияния в зимнее время очень гумифицированного притока — р. Мегреги, питающейся из глубинных слоев заторфованных болот, а в нижнем течении и в связи с загрязнением реки отходами лесосплава и лесозавода кислородные условия много хуже:

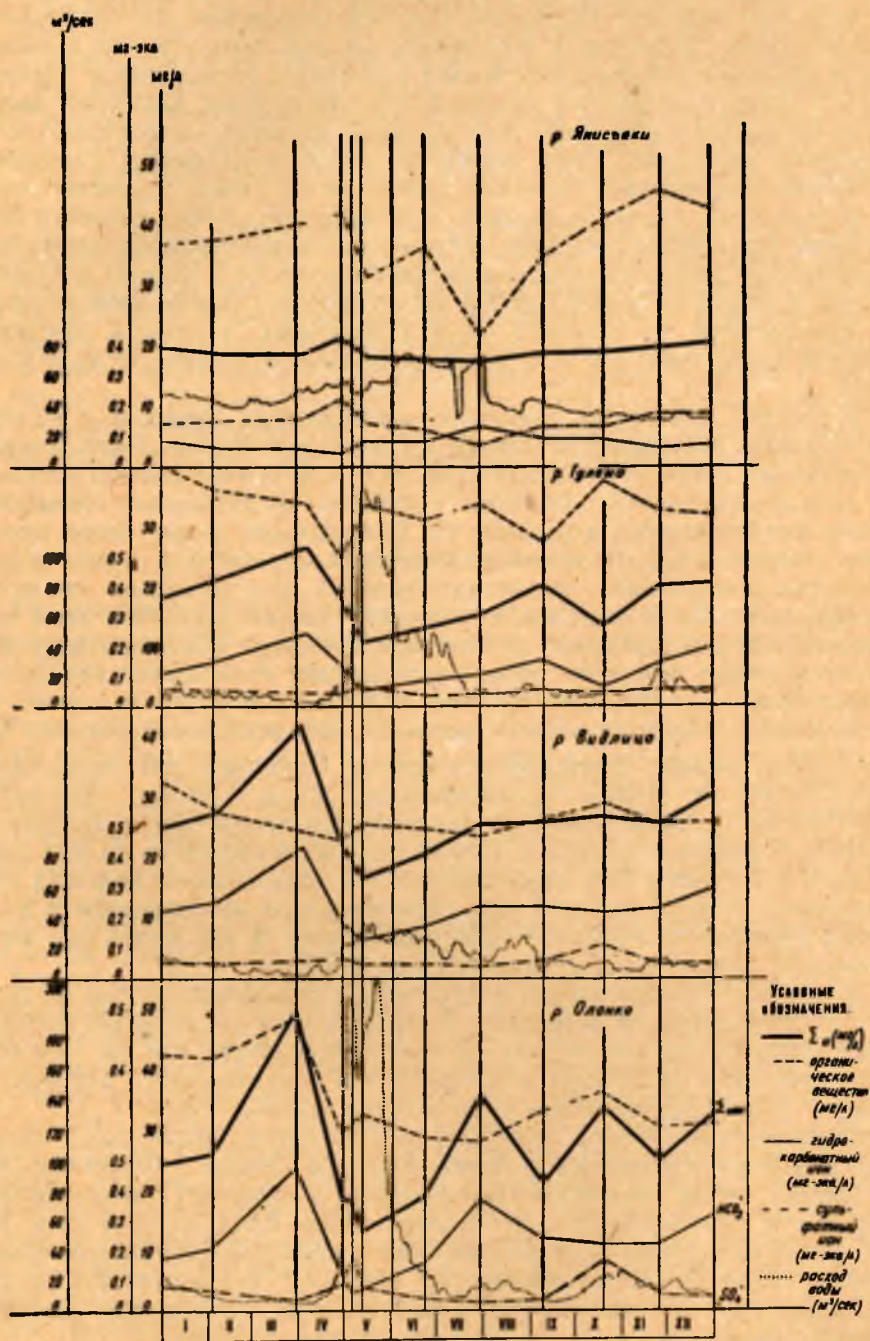


Рис. 1. Изменение расходов, минерализации ( $\Sigma и$ ), концентрации органического вещества, гидрокарбонатного и сульфатного ионов в воде рек северного и северо-восточного Приладожья в течение 1958 г.

62—47% насыщения (7—9 мг/л). Наибольшие концентрации кислорода в реках наблюдались в холодное время перед ледоставом и сразу после вскрытия рек. Наименьшие концентрации кислорода, абсолютные и относительные, относятся к летнему периоду. Так, в Олонке в нижнем течении концентрации  $O_2$  летом падали до 4,46 мг/л (46%). В Видлице, Тулеме и Янисъёки они составляли 70—75% насыщения, что также ниже осенних, зимних и весенних. Ухудшение кислородных условий в летний период связано с загрязнением воды в результате лесосплава и длительного хранения древесины в низовьях рек. Во-первых, кислород расходуется на окисление органических веществ, которые экстрагируются из древесины; во-вторых, из-за сплавного леса затрудняется газообмен с воздухом. Лесосплав и хранение древесины не только ухудшают газовые условия, но также повышают окисляемость, БПК, снижают рН. В р. Янисъёки дефицит кислорода связан со стоком промышленных вод. Концентрации двуокиси углерода летом порядка 3,8—6,8 мг/л в Тулеме, Видлице и Янисъёки и от 2,7 до 8,8 мг/л в Олонке<sup>1</sup>. Зимой концентрации  $CO_2$  повышаются до 8,5—10,0 мг/л в Янисъёки, Тулеме и Видлице, в Олонке возрастают до 19 в верхнем течении и до 28—30 мг/л в низовье.

В составе биогенных элементов преобладают кремний и железо. Концентрации их падают от Олонки к Тулеме и Янисъёки. Значительных концентраций достигает органический азот, и в Тулеме железо уступает ему второе место (табл. 2). Азот и фосфор представлены преимущественно органическими формами. Из минеральных форм азота преобладает аммонийный. Нитраты и нитриты содержатся в очень малых количествах, вследствие отсутствия условий для развития процессов нитрификации как в воде, так и в почвах (низкий рН). При этом концентрации нитратов убывают от Олонки к Тулеме, т. е. от рек северо-восточного к рекам северного побережья. Однако в Янисъёки вследствие более низкой концентрации гумусовых веществ и более высокого рН концентрации нитратов выше. Частично повышенное содержание  $NO_3$  в Янисъёки связано со вторичным стоком. Сезонный ход содержания нитратов: летом равно аналитическому нулю, осенью их около 0,01—0,03 мг/л. Зимой концентрации нитратов возрастают в Олонке до 0,06 мг/л, в Видлице до 0,05, в Тулеме до 0,03, в Янисъёки до 0,14 мг/л. Фосфаты в Олонке и Видлице содержатся в сравнительно больших концентрациях: от 0,011 до 0,064 мг/л. Концентрации их повышаются в меженные периоды и особенно в зимнюю межень. В это время они часто превышают концентрации органического фосфора.

Увеличение концентраций фосфатов, по-видимому, связано не только с их освобождением в процессе минерализации, но главным образом с поступлением подземных вод. Это подтверждается как их сезонной динамикой, так и анализами вод колодезев и родников этого района, где фосфаты также содержатся в значительных количествах.

Органический фосфор поступает в реки преимущественно в паводковые периоды (смывается с почв). В реках Тулеме и Янисъёки, как и в других реках северного Приладожья (Уксунъёки), концентрации фосфатов в течение всего года низкие: 0,002—0,011 мг/л. В воде рек северного Приладожья значительно ниже и концентрации органического фосфора (табл. 2). По-видимому, это связано с бедностью фосфатами подземных вод этого района, что, в свою очередь, обусловлено составом коренных пород.

<sup>1</sup> В  $CO_2$  переведена вся титрационная кислотность без поправки на летучие кислоты. Поэтому приведенные данные по  $CO_2$  несколько завышены.



## СТОК РАСТВОРЕННЫХ ВЕЩЕСТВ РЕК

Используя данные, полученные нами в результате почти ежемесячных в течение 1958 г. анализов воды в приустьевых участках рек Олонки, Видлицы, Тулемы и Янисъёки (по 10 анализов за год), мы попытались подсчитать сток в Ладожское озеро растворенных веществ этих рек. Необходимые данные по водному стоку за 1958 г. рассчитаны Ю. Б. Литинским по материалам Петрозаводской гидрометобсерватории.

Сток растворенных веществ дается в виде трех его составных: ионного стока, стока органического вещества и стока биогенных элементов. Для всех составных стока приводится величина показателя стока, т. е. сток растворенных веществ с 1 км<sup>2</sup> площади бассейна в тоннах в год.

Для подсчета величины стока растворенных веществ строились графики: содержание иона (элемента) — время. Кривые корректировались по гидрографу. По графику находились средние месячные величины подсчетом площади по квадратикам миллиметровки. Величина стока находилась умножением средних месячных значений ионов, элементов, органического вещества на среднюю месячную величину водного стока.

По данным Литинского (1960), 1958 г. является по водности близким к среднему многолетнему. Поэтому наши данные по стоку растворенных веществ можно считать близкими к средним многолетним.

### РЕКА ОЛОНКА

Характерными особенностями химического состава воды р. Олонки по сравнению с другими реками северо-восточного Приладожья являются: 1) более высокая минерализация (до 50,1 мг/л); 2) резкие сезонные колебания минерализации (минимальная величина суммы ионов в 4 раза ниже максимальной); 3) среднегодовые концентрации органического вещества выше среднегодовой концентрации суммы главнейших ионов, хотя в летнюю межень органического вещества меньше, чем минеральных веществ; 4) большие сезонные колебания в содержании органического вещества (минимальные концентрации в 2 раза ниже максимальных); и 5) более высокие концентрации всех биогенных элементов (табл. 2).

Для водного режима Олонки характерны короткие, но отчетливо выраженные весенний и осенний паводки.

В табл. 3 и 4 даны средние месячные за 1958 г. концентрации главнейших ионов, органического вещества и биогенных элементов в воде Олонки у пос. Нурмойла и Юксила, в табл. 5 и 6 представлены вычисленные на основании этих данных величины ежемесячного и годового ионного стока, стока биогенных элементов и органического вещества.

За 1958 г. Олонкой вынесено в Ладожское озеро 70,3 тыс. т растворенных веществ. По величине стока растворенных веществ Олонке принадлежит второе место среди рек северного и северо-восточного Приладожья после Янисъёки (табл. 25). Ионный сток составляет 25,3 тыс. т. Указанная величина ионного стока Олонки в 10 раз меньше стока р. Луги и в 100 раз меньше стока р. Невы. Преобладающее значение в ионном стоке имеют гидрокарбонатный ион и кальций. Распределение ионного стока р. Олонки по месяцам в процентах от годового стока представлено в табл. 7. За 7 зимних и весенних месяцев Олонкой выносится в Ладожское озеро почти  $\frac{3}{4}$  всего ее ионного стока. Максимальная величина ионного стока падает на май (33,4% от годового)

вследствие наиболее высокого жидкого стока в этот период. Однако ионный сток в мае в процентах от годового почти в полтора раза ниже по сравнению с водным стоком, что объясняется очень низкой минерализацией воды в этот период.

Наименьшая величина ионного стока в 1958 г. была в сентябре в связи с наименьшим жидким стоком, а зимой — в феврале. Максимальный месячный вынос ионов выше минимального в 10 с лишним раз.

Для р. Олонки показатель ионного стока, который в некоторой степени дает представление о величине химической денудации, составляет  $9,9 \text{ т/км}^2$  в год, что близко к показателю ионного стока р. Невы ( $10,2 \text{ т/км}^2$  в год). Величина эта довольно низкая, если принять во внимание, что для таких рек, как Северная Двина, показатель ионного стока составляет  $48 \text{ т/км}^2$ , для р. Аму-Дарья —  $78,1$ , а для Рионы —  $161 \text{ т/км}^2$  в год. Однако реки северного побережья Сибири имеют еще более низкий показатель ионного стока, чем Олонка: р. Яна —  $3,9$ , р. Таймыр —  $7,9 \text{ т/км}^2$  в год (Алекин, 1951).

Таблица 3

Средние месячные концентрации ионов и органического вещества в воде р. Олонки у пос. Нурмойла в 1958 г., мг/л

Месяцы	Расход воды, м <sup>3</sup> /сек	Ca	Mg	Na + K	HCO	SO	Cl	Сумма ионов	С органический	Органическое вещество
I	25,5	3,65	2,00	2,77	10,85	3,72	2,36	25,35	19,1	40,1
II	12,4	4,30	2,49	3,25	15,33	3,51	2,56	31,44	20,6	43,3
III	9,78	5,48	3,37	4,00	24,35	3,78	3,15	44,13	22,3	46,8
IV	24,5	5,07	2,81	3,44	21,82	4,12	3,07	40,33	20,6	43,3
V	21,8	1,56	0,97	1,82	4,58	4,71	0,85	14,49	14,6	30,7
VI	46,5	2,38	1,14	1,95	8,38	2,36	1,04	17,25	14,1	29,6
VII	16,3	3,98	1,71	2,03	17,49	1,72	2,21	29,14	13,5	28,4
VIII	19,5	4,60	1,62	2,36	19,30	1,53	2,12	31,53	14,3	30,1
IX	10,4	4,14	1,10	2,94	14,20	1,58	1,10	25,06	16,1	33,8
X	21,8	4,86	1,32	4,68	13,63	6,62	2,55	33,66	17,1	35,9
XI	21,5	4,60	1,46	0,82	13,21	5,59	2,65	28,33	15,8	33,2
XII	17,4	4,68	1,47	0,98	16,20	2,62	2,87	28,82	14,4	30,2
Средняя за год	36,97	4,10	1,80	2,59	14,95	3,49	2,21	29,14	16,9	35,5

Исходя из той большой доли, которую составляют органические вещества в химическом составе вод рек северного и северо-восточного побережий Ладожского озера, было весьма интересно подсчитать вынос органического вещества этими реками. Прямого определения органического углерода и органического вещества нами не производилось. Углерод рассчитан по бихроматной окисляемости по предложенной Скопинцевым (1950) формуле:  $C = \frac{a \cdot 12}{32}$ , общее органическое вещество подсчитано умножением количества углерода на 2,1. Полученные расчетным путем данные не претендуют на большую точность, но о порядке величин получить представление можно. Из табл. 5 видно, что в 1958 г. Олонкой вынесено в Ладожское озеро 18,4 тыс. т органического углерода, что составляет 38,7 тыс. т органического вещества. Таким образом,



органических веществ Олонкой выносятся в 1,5 раза больше, чем минеральных (главнейших ионов). Сток органического вещества составляет 55,1% от общего стока растворенных веществ. Несмотря на то, что максимальные среднемесячные концентрации органического вещества

Таблица 4

Средние месячные концентрации биогенных элементов в воде р. Олонки у пос. Нурмойла в 1958 г., мг/л

Месяцы	Фосфор (P)		Азот (N)				Железо общее (Fe <sup>++</sup> +Fe <sup>+++</sup> )	Кремний (Si)
	минеральный	органический	нитратный	нитритный	аммонийный	органический		
I	0,052	0,058	0,04	—	0,11	0,80	2,07	6,23
II	0,049	0,056	0,04	0,001	0,12	0,78	2,60	6,61
III	0,048	0,081	0,05	—	0,13	0,72	3,45	5,62
IV	0,037	0,096	0,06	0,002	0,18	0,60	3,25	3,63
V	0,024	0,100	0,03	—	0,11	0,65	1,14	2,71
VI	0,025	0,067	—	—	0,08	0,63	1,02	2,78
VII	0,031	0,066	—	0,0004	0,09	0,58	1,29	2,43
VIII	0,042	0,071	—	0,0004	0,14	0,60	1,38	1,58
IX	0,051	0,042	0,02	0,003	0,22	0,38	1,25	1,19
X	0,035	0,096	0,04	0,003	0,14	0,50	1,40	2,04
XI	0,032	0,073	0,04	0,001	0,10	0,54	1,28	3,07
XII	0,031	0,060	0,04	—	0,12	0,50	1,45	3,60
Средняя за год	0,038	0,065	0,03	—	0,13	0,61	1,79	3,46

Таблица 5

Ионный сток и сток органического, вещества р. Олонки у пос. Нурмойла в 1958 г., т

Месяцы	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-</sup>	Сумма ионов	С органический	Органическое вещество
I	249,3	136,6	189,2	741,0	254,1	161,2	1731,4	1304,5	2738,8
II	129,0	74,7	97,4	459,8	105,4	76,8	943,1	618,0	1298,9
III	143,6	88,4	104,7	637,8	99,0	82,5	1156,0	584,1	1225,9
IV	322,0	178,4	218,4	1385,7	261,4	195,0	2560,9	1308,2	2749,7
V	908,9	566,6	1065,3	2674,2	2750,5	496,3	8461,8	8524,8	17925,4
VI	286,2	137,4	235,0	1043,7	284,2	125,4	2111,9	1699,4	3700,2
VII	173,5	74,7	88,6	763,6	75,1	96,5	1275,0	589,4	1239,9
VIII	240,4	84,6	123,3	1008,0	79,9	110,7	1646,9	746,9	1572,1
IX	111,6	29,8	79,2	382,8	42,6	29,6	675,6	434,0	911,1
X	283,8	76,7	145,2	795,8	374,1	148,9	1824,6	998,4	2096,2
XI	256,1	81,6	46,1	736,2	311,5	147,7	1579,2	880,5	1850,2
XII	218,1	68,7	45,9	755,0	122,1	133,8	1343,6	671,1	1407,4
За год	3322,5	1598,3	2438,3	11383,6	4759,9	1804,4	25310,0	18359,3	38715,8

Таблица 6

Сток биогенных элементов р. Олонки  
у пос. Нурмойла в 1958 г., т

Месяцы	Фосфор (P)			Азот (N)					Железо общее	Кремний (Si)	Суммар- ный сток биогенных элементов
	минеральный	органический	общее содержание	нитратный	нитритный	аммонийный	органический	общее содержание			
I	3,6	4,0	7,6	2,7	нет	7,5	54,6	64,8	141,4	425,2	639,0
II	1,5	1,7	3,2	1,2	0,03	3,6	23,4	28,2	78,0	198,3	307,7
III	1,3	2,1	3,4	1,3	нет	3,4	18,9	23,6	90,4	147,3	264,7
IV	2,4	6,1	8,5	3,8	0,13	11,4	38,1	53,4	206,4	230,3	498,6
V	14,0	58,4	72,4	17,5	нет	64,2	379,5	461,2	665,6	1583,8	2783,0
VI	3,0	8,1	11,1	нет	.	9,6	75,9	85,5	122,9	335,5	555,0
VII	1,4	2,9	4,3	.	0,02	3,9	25,3	29,2	56,3	106,2	196,0
VIII	2,2	3,7	5,9	.	0,02	7,3	31,3	38,6	72,1	82,5	199,1
IX	1,4	1,1	2,5	0,5	0,08	5,9	10,2	16,7	33,7	32,1	85,0
X	2,0	5,6	7,6	2,3	0,18	8,2	29,2	39,9	81,7	119,0	248,2
XI	1,8	4,1	5,9	2,2	0,56	5,6	30,1	38,5	71,3	171,0	286,7
XII	1,4	2,8	4,2	1,9	нет	5,6	23,3	30,8	67,6	167,8	270,4
За год	36,0	100,6	136,6	33,4	1,02	136,2	739,8	910,4	1687,4	3593,0	6333,4

Таблица 7

Распределение водного стока и стока растворенных веществ  
в р. Олонке по месяцам 1958 г. (проценты к годовому стоку)

Вид стока	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XII	XI
Водный сток . . .	5,7	2,8	2,2	5,5	49,3	10,5	3,7	4,4	2,3	4,9	4,8	3,9
Ионный сток . . .	6,8	3,8	4,6	10,1	33,4	8,3	5,0	6,5	2,7	7,2	6,3	5,3
Сток органических веществ . . .	7,1	3,3	3,2	7,1	46,3	9,6	3,2	4,1	2,3	5,4	4,8	3,6
Сток биогенных элементов . . .	10,1	4,8	4,2	7,9	43,9	8,8	3,1	3,1	1,3	3,9	4,5	4,3

наблюдаются в марте, максимальный вынос (46%) падает на май, когда концентрации органического вещества близки к минимальным, а водный сток наибольший. Минимальный вынос органического вещества, как и минерального, наблюдался при самом низком водном стоке — в сентябре.

Общий характер распределения стока органического вещества Олонки примерно тот же, что и для стока главнейших ионов (табл. 7). Однако весной сток органического вещества значительно выше, чем сток минеральных веществ, вследствие того, что концентрации минеральных веществ весной снижаются более, чем в три раза, а органических веществ только вдвое (органического вещества в реку паводковые воды несут больше, чем минеральных). Распределение стока органических веществ по месяцам в процентах очень близко к распределению водного стока. Показатель стока органического вещества для р. Олонки выражается 15,1 т/км<sup>2</sup> в год.



Сток биогенных элементов р. Олонки за 1958 г. составляет 6,3 тыс. т., или 8,9% всего стока органических и минеральных веществ. Максимальная доля стока биогенных элементов приходится на кремний (57%) и железо (26%). Далее следуют азот (14%) и фосфор (3%).

Азот представлен на 81% органическим, на 15% аммонийным. 4% составляют нитратный и нитритный азот. В составе выносимого Олонкой фосфора 73% органического и 17% минерального. Максимальный вынос биогенных элементов наблюдался в мае. За этот месяц азота выносится 50,6, фосфора 53, кремния 44 и железа 33,5% от их годового стока. Минимальный сток в сентябре. Азот в форме нитратов и нитритов в течение летних месяцев (VI—VII—VIII) не выносится. Сток биогенных элементов по месяцам в процентах представлен в табл. 7. Величина показателя стока биогенных элементов равна 2,5 т/км<sup>2</sup>.

### РЕКА ВИДЛИЦА

Минерализация вод рек Видлицы и Олонки близка, но сезонные колебания ее в Видлице выражены менее резко (38,6—17,3 мг/л). Общий ход минерализации тот же (рис. 1). Концентрация органического вещества ниже, чем в воде Олонки, а амплитуда сезонных колебаний еще меньше, чем для суммы ионов: концентрации органического вещества изменяются от 30,5 до 23,6 мг/л. Среднегодовая концентрация органического вещества близка к среднегодовой величине суммы ионов. В воде Видлицы несколько ниже также концентрации биогенных элементов (табл. 2).

В табл. 8 и 9 даны средние месячные за 1958 г. концентрации главных ионов, органического вещества и биогенных элементов в воде р. Видлицы, в табл. 10 и 11 их сток.

Как можно видеть из табл. 10 и 11 и сводной табл. 25, Видлица за 1958 г. вынесла в Ладожское озеро 30 тыс. т растворенных веществ,

Таблица 8

Средние месячные концентрации ионов и органического вещества в воде р. Видлицы у пос. Видлица, мг/л

Месяцы	Расход вод., м <sup>3</sup> /сек	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup> K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Сумма ионов	С органи- ческий	Органи- ческое вещество
I	15,9	3,70	2,05	1,67	14,00	2,26	1,72	25,40	14,5	30,5
II	11,5	4,20	2,29	2,00	17,60	2,24	1,74	30,07	12,7	27,0
III	7,5	4,70	2,52	2,40	23,70	2,68	1,67	37,67	11,9	25,3
IV	7,21	4,80	2,61	2,88	23,70	3,16	1,48	38,63	11,2	23,6
V	33,5	2,66	1,17	1,70	8,22	2,60	0,99	17,34	10,7	24,9
VI	37,8	2,85	1,35	1,15	9,60	2,20	1,32	18,47	11,5	24,8
VII	23,9	3,70	1,45	0,85	12,90	2,05	1,55	22,50	11,4	24,1
VIII	24,2	4,20	1,40	0,53	14,90	2,15	1,45	24,63	11,5	24,3
IX	15,5	4,20	1,38	0,31	14,20	3,24	1,27	24,60	12,4	25,8
X	11,3	4,34	1,35	0,47	13,60	4,74	1,10	25,60	13,5	28,1
XI	11,6	4,50	1,47	0,82	15,42	3,30	1,72	27,23	12,7	26,5
XII	12,5	4,87	1,60	1,28	16,60	2,40	1,50	28,25	12,2	25,6
Средн. за год	17,7	4,06	1,72	1,34	15,37	2,75	1,46	26,70	12,2	25,5

в том числе 13,4 тыс. т солей, 14,3 тыс. т органического вещества и 2,3 тыс. т биогенных элементов. Сток растворенных веществ р. Видлици почти в 2 раза ниже стока р. Олонки (табл. 25), что объясняется более низкими концентрациями растворенных веществ, а главным образом меньшей площадью водосбора и меньшим расходом воды р. Видлици (табл. 1).

Таблица 9

Средние месячные концентрации биогенных элементов в воде р. Видлици в пос. Видлица, мг/л

Месяцы	Фосфор (P)			Азот (N)					Железо общее (Fe <sup>++</sup> +Fe <sup>+++</sup> )	Кремний (Si)
	минеральный	органический	общее содержание	нитратный	нитритный	аммонийный	органический	общее содержание		
I	0,024	0,025	0,049	0,06	нет	0,08	0,68	0,82	0,47	5,8
II	0,026	0,021	0,047	0,08	.	0,09	0,65	0,82	0,43	6,2
III	0,033	0,029	0,062	0,06	0,001	0,10	0,54	0,70	0,55	6,3
IV	0,040	0,069	0,109	0,07	0,003	0,21	0,62	0,90	1,31	5,5
V	0,016	0,144	0,160	нет	нет	0,12	0,64	0,76	0,80	3,8
VI	0,020	0,054	0,074	.	.	0,06	0,60	0,66	0,52	2,4
VII	0,022	0,032	0,054	.	.	0,07	0,48	0,55	0,47	1,5
VIII	0,017	0,030	0,047	0,02	.	0,17	0,40	0,59	0,36	0,7
IX	0,009	0,026	0,035	0,01	.	0,24	0,35	0,60	0,30	0,6
X	0,010	0,037	0,047	0,02	0,003	0,11	0,40	0,53	0,38	1,7
XI	0,005	0,018	0,023	0,04	0,002	0,07	0,51	0,62	0,30	2,1
XII	0,009	0,036	0,045	0,04	нет	0,08	0,52	0,64	0,40	2,8
Средн. за год	0,019	0,043	0,062	0,03	0,0008	0,12	0,53	0,68	0,52	3,3

Таблица 10

Ионный сток и сток органического вещества р. Видлици в пос. Видлица, т

Месяцы	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Сумма ионов	С органической	Органическое вещество
I	157,6	87,3	71,3	596,2	96,2	73,5	1082,1	617,5	1298,9
II	116,8	63,6	55,6	489,6	63,3	48,4	837,3	353,5	751,2
III	94,4	50,7	48,2	476,1	53,7	33,6	756,7	239,0	508,2
IV	89,9	48,8	53,9	435,9	59,0	27,6	715,1	209,3	440,3
V	239,1	105,1	152,5	737,5	232,7	88,7	1555,6	956,6	2232,7
VI	279,2	132,3	112,7	940,6	215,5	129,3	1809,6	1123,8	2429,8
VII	236,8	92,8	54,4	825,8	131,2	99,2	1440,2	733,0	1542,7
VIII	271,1	105,0	34,0	966,4	139,2	108,8	1624,5	745,4	1571,8
IX	168,5	55,5	12,6	570,5	130,1	51,0	988,2	496,6	1037,3
X	129,3	45,9	14,4	411,6	143,4	43,1	787,7	406,9	850,2
XI	135,3	44,4	24,8	463,8	99,3	43,4	811,0	380,3	797,8
XII	163,2	53,6	43,3	555,8	80,3	50,2	946,4	408,5	857,1
За год	2081,2	885,0	677,7	7469,8	1443,9	796,8	13354,4	6670,4	14318,0



Таблица 11

Сток биогенных элементов р. Видлицы в пос. Видлица, т

Месяцы	Фосфор (P)			Азот (N)					Железо общее (Fe <sup>++</sup> +Fe <sup>+++</sup> )	Кремний (Si)	Суммар- ный сток
	мине- раль- ный	органи- ческий	общее содер- жание	нитрат- ный	нитрит- ный	аммо- ниийный	органи- ческий	общее содер- жание			
I	1,04	1,06	2,10	2,72	нет	3,48	28,96	35,16	20,02	247,0	304,28
II	0,71	0,59	1,30	2,10	.	2,38	17,96	22,44	11,61	172,0	207,35
III	0,66	0,58	1,24	1,31	0,031	2,03	10,89	14,26	11,15	126,5	153,15
IV	0,75	1,28	2,03	1,39	0,030	3,87	11,56	16,91	24,54	102,8	146,28
V	1,42	12,93	14,35	нет	нет	11,17	57,1	68,27	71,66	336,3	490,58
VI	1,99	5,33	7,32	.	.	5,71	61,01	66,72	51,05	233,2	358,29
VII	1,44	2,05	3,49	.	.	4,67	31,04	35,71	29,78	96,0	164,98
VIII	1,12	1,94	3,06	1,17	.	11,08	25,7	37,95	23,67	45,4	110,88
IX	0,37	1,07	1,44	0,54	.	9,61	14,2	24,35	12,07	23,9	61,76
X	0,30	1,10	1,40	0,72	0,033	3,32	12,01	16,14	11,63	50,9	80,07
XI	0,16	0,53	0,69	1,04	0,060	2,14	15,4	18,64	9,06	63,7	92,09
XII	0,30	1,17	1,47	1,63	нет	2,65	17,3	21,58	13,39	93,7	130,14
За год	10,26	29,63	39,89	12,62	0,27	62,11	303,13	378,13	289,63	1591,4	2299,05

Весенний паводок на Видлице слабо выражен, спад его значительно более растянут, чем на Олонке, поэтому максимальный вынос солей и органического вещества падает на июнь, когда концентрации их несколько возрастают, хотя в мае величины стока также близки к максимуму. Минимальный сток ионов и органического вещества наблюдался в апреле, при наименьшем стоке воды. Распределение ионного стока в процентах по месяцам представлено в табл. 12.

В зимние и осенние месяцы в Видлице ионный сток и сток органических веществ распределены довольно равномерно и только с мая по август несколько повышены. Однако максимальная величина ионного стока, относящаяся к июню, выше минимальной величины (апрель) всего лишь в 2,6, а стока органических веществ в 5,5 раза. Небольшие колебания стока растворенных веществ по месяцам в Видлице обусловлены наличием в ее системе сравнительно крупного озера-водохранилища Ведлозера (объем водной массы 0,41 км<sup>3</sup>, средний годовой сток из озера — 0,26 км<sup>3</sup>), регулирующего водный сток и сток растворенных веществ Видлицы. В отличие от Видлицы на р. Олонке, в системе которой расположено небольшое по площади и объему озеро-водохранилище Утозеро (объем водной массы 0,005 км<sup>3</sup>, годовой сток из озера 0,28 км<sup>3</sup>), несмотря на наличие плотин, сезонные колебания водного стока и стока растворенных веществ, как уже указывалось, выражены резко. Следует, однако, отметить, что значительные колебания стока р. Олонки связаны также с наличием крупного, почти незарегулированного притока — р. Мегреги.

Вследствие того, что концентрации ионов в течение года в р. Видлице испытывают некоторые колебания, сезонный характер ионного стока заметно отличается от сезонного характера водного стока. Так, зимой в связи с повышением минерализации ионный сток выше водного в процентах, а весной в связи с резким снижением минерализации ионный сток ниже водного (табл. 12).

Таблица 12

Распределение водного стока и стока растворенных веществ в р. Видлице по месяцам 1958 г. в процентах к годовому стоку

Вид стока	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Водный сток . . .	7,5	5,4	3,5	3,4	15,8	17,8	11,2	11,4	7,3	5,3	5,5	5,9
Ионный сток . . .	8,1	6,3	5,7	5,3	11,6	13,5	10,8	12,2	7,4	5,9	6,1	7,1
Сток органических веществ .	9,1	5,2	3,6	3,1	15,6	17,0	10,8	11,0	7,2	5,8	5,6	6,0
Сток биогенных элементов . . .	13,2	9,0	6,7	6,4	21,3	15,6	7,2	4,8	2,7	3,5	4,0	5,6

Сток органического вещества, концентрации которого в течение года испытывают незначительные колебания, распределяется в году в полном соответствии с распределением водного стока.

Сток биогенных элементов в Видлице составляет 7,6% от всего стока растворенных веществ (минеральных и органических). Основная доля стока биогенных элементов, как и в Олонке, падает на кремний: 1591,4 т или 69%. Далее в порядке убывания следует азот 378,1 т (16%), железо 289,6 т (13%) и, наконец, фосфор 39,2 т (2%). Азот представлен на 80% органическим, на 16 аммонийным и всего лишь 4% составляют нитритный и нитратный азот.

Фосфор выносится также преимущественно в органической форме (органического фосфора в 3 раза больше, чем минерального). Максимальный вынос биогенных элементов происходит в мае и несколько меньше в июне. Всего за два весенних месяца (V, VI) выносится 37% всего годового стока биогенных элементов. На пять зимних месяцев (XII—IV) падает 41% их стока. Летний сток биогенных элементов составляет 15%, причем к концу лета сток постепенно падает, достигая в сентябре минимального значения в годовом цикле. Низким он остается и в течение осени.

Показатель ионного стока р. Видлицы, равный 9,6 т/км<sup>2</sup>, близок к показателю ионного стока р. Олонки (табл. 26). Величина показателя стока органического вещества равна 10,3 т/км<sup>2</sup>, а стока биогенных элементов 2,2 т/км<sup>2</sup> в год.

Обе последние величины ниже, чем для Олонки.

## РЕКА ТУЛЕМА

Минерализация воды р. Тулемы еще ниже, чем в реках Олонке и Видлице. Среднемесячные концентрации ионов (суммы) колеблются в пределах 24,55—12,55 мг/л. Содержание органического вещества выше, чем в Видлице, но также с небольшой амплитудой колебания в течение года (от 39,5 до 31,5 мг/л). Концентрация органического вещества во все сезоны в 2 и более раза выше суммы главнейших ионов. Как уже указывалось, характер органического вещества также несколько иной.

Для воды Тулемы характерна более низкая величина рН, а также значительно более низкое содержание всех биогенных элементов, исключая органический азот (табл. 1). В табл. 13 и 14 даны среднемесячные концентрации главнейших ионов, органического вещества и биогенных элементов р. Тулемы в 1958 г., а в табл. 15 и 16 их сток за этот период.



Таблица 13

Среднемесячные концентрации ионов и органического вещества в воде р. Тулемы у пос. Салми в 1958 г., мг/л

Месяцы	Расход воды, м <sup>3</sup> /сек	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>'</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>'</sup>	Cl <sup>'</sup>	Сумма ионов	С. органический	Органическое вещество
I	9,69	3,78	1,50	1,06	0,77	7,82	2,89	1,50	19,32	18,8	39,5
II	7,48	3,92	1,68	1,08	0,78	10,03	2,69	1,53	21,71	17,8	37,4
III	6,02	3,84	1,97	0,91	0,65	12,97	2,45	1,76	24,55	17,7	37,2
IV	5,35	3,26	2,00	0,72	0,63	13,59	2,24	1,85	24,29	17,6	36,9
V	98,2	2,17	0,92	0,50	0,72	4,78	2,64	0,82	12,55	16,1	33,8
VI	44,8	2,69	0,90	—	—	5,03	2,04	0,73	12,95**	15,0	31,5
VII	17,4	3,14	1,07	—	—	6,14	1,83	0,95	14,69**	15,5	32,5
VIII	8,61	3,74	0,97	—	—	7,97	2,10	1,14	17,48**	16,4	34,4
IX	8,53	4,18	0,79	—	—	8,41	2,63	1,29	18,86**	17,1	35,9
X	6,29	3,89	0,91	—	—	5,19	2,61	1,14	15,30**	17,5	36,7
XI	13,0	4,67	1,06	—	—	6,03	2,81	1,01	17,14**	16,1	33,8
XII	7,67	4,92	1,22	—	—	10,30	2,70	1,23	21,93**	15,4	32,3
Средн. за год	19,4	3,68	1,25	0,85*	0,71*	8,19	2,47	1,25	18,40	16,75	35,2

\* Среднее за пять месяцев.

\*\* В сумму ионов включена средняя за 5 месяцев концентрация K<sup>+</sup> и Na<sup>+</sup>.

Таблица 14

Средние месячные концентрации биогенных элементов в воде р. Тулемы у пос. Салми в 1958 г., мг/л

Месяцы	Фосфо (P)			Азот (N)					Железо общее (Fe + Fe <sup>+++</sup> )	Кремний (Si)
	минеральный	органический	общее содержание	нитратный	нитритный	аммонийный	органический	общее содержание		
I	0,008	0,017	0,025	0,02	нет	0,15	0,68	0,85	0,44	3,49
II	0,008	0,014	0,022	0,02	.	0,15	0,70	0,87	0,51	3,37
III	0,006	0,018	0,024	0,02	.	0,14	0,70	0,86	0,50	3,18
IV	0,007	0,021	0,028	0,02	.	0,14	0,67	0,83	0,47	2,96
V	0,007	0,022	0,029	нет	.	0,06	0,54	0,60	0,34	2,77
VI	0,004	0,023	0,027	нет	.	0,08	0,67	0,75	0,34	3,24
VII	0,004	0,032	0,036	нет	.	0,08	0,64	0,72	0,38	3,04
VIII	0,003	0,032	0,035	нет	.	0,05	0,45	0,50	0,34	2,07
IX	0,002	0,026	0,028	0,005	.	0,12	0,32	0,44	0,31	1,61
X	0,004	0,023	0,027	0,01	.	0,08	0,46	0,55	0,45	2,99
XI	0,002	0,026	0,028	0,02	.	0,06	0,61	0,69	0,40	2,74
XII	0,002	0,026	0,028	0,02	.	0,10	0,46	0,58	0,37	1,75
Средн. за год	0,005	0,023	0,028	0,01	.	0,10	0,58	0,69	0,40	2,77

В течение 1958 г. р. Тулемой вынесено в Ладожское озеро 9,2 тыс. т минеральных веществ, 20,9 тыс. т органического вещества и 2,4 тыс. т биогенных элементов (всего 32,5 тыс. т). В процентном отношении от общего стока растворенных веществ ионный сток составляет 28,3%, сток органического вещества 64,3 и сток биогенных элементов 7,4. Таким

Таблица 15  
Ионный сток и сток органического вещества р. Тулемы  
у пос. Салми в 1958 г., т

Месяцы	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>'</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>"</sup>	Cl <sup>'</sup>	Сумма ионов	С органического	Органическое вещество
I	98,1	38,9	27,5	20,0	203,0	75,0	38,9	501,4	487,9	1024,6
II	74,8	30,4	19,5	14,1	181,5	48,7	27,7	396,7	321,6	675,4
III	61,8	31,8	14,7	10,5	209,1	39,5	28,3	395,7	285,4	599,3
IV	45,2	27,7	10,0	8,7	188,4	31,1	25,6	336,7	244,1	512,6
V	570,5	242,0	131,5	189,4	1257,2	694,4	215,7	3300,7	4234,6	8892,7
VI	312,7	104,7	89,4	74,3	584,1	236,9	74,8	1476,9	1741,8	3657,8
VII	146,2	49,9	35,9	29,8	286,2	85,3	44,3	677,6	722,4	1517,0
VIII	86,2	22,4	17,7	14,7	183,8	48,4	26,3	399,5	378,2	794,2
IX	92,4	17,5	17,0	14,2	185,9	58,1	28,5	413,6	378,1	794,0
X	65,5	15,4	13,0	10,8	87,4	44,0	19,2	255,3	294,8	619,1
XI	157,2	35,9	25,9	21,6	203,2	94,7	34,0	572,5	542,5	1139,2
XII	101,1	25,1	15,8	13,2	211,6	55,5	25,3	447,6	316,4	664,4
За год	1811,7	641,7	417,9	421,3	3781,4	1511,6	588,6	9174,2	9947,8	20890,3

Таблица 16  
Сток биогенных элементов р. Тулемы у пос. Салми в 1958 г., т

Месяцы	Фосфор (P)			Азот (N)					Железо общее (Fe <sup>++</sup> + Fe <sup>+++</sup> )	Кремний (Si)	Суммарный сток биогенных элементов
	минеральный	органический	общее содержание	нитратный	нитритный	аммонийный	органический	общее содержание			
I	0,22	0,43	0,65	0,51	нет	3,94	17,65	22,10	11,55	90,57	124,87
II	0,14	0,26	0,40	0,36	.	2,68	12,57	15,61	9,15	60,98	86,14
III	0,09	0,29	0,38	0,32	.	2,18	11,37	13,87	8,06	51,27	73,58
IV	0,09	0,29	0,38	0,24	.	1,91	9,25	11,40	6,47	41,04	59,29
V	1,76	5,79	7,55	нет	.	16,04	142,29	158,33	89,43	728,56	983,87
VI	0,46	2,73	3,19	.	.	8,82	77,45	86,27	40,06	376,23	505,75
VII	0,18	1,47	1,65	.	.	3,77	29,87	33,64	17,94	141,68	194,91
VIII	0,07	0,75	0,82	.	.	1,20	10,30	11,50	7,77	47,74	67,83
IX	0,04	0,58	0,62	0,08	.	2,74	6,98	9,80	6,76	35,59	52,77
X	0,05	0,39	0,44	0,10	.	1,41	7,71	9,22	7,51	50,37	67,54
XI	0,08	0,89	0,97	0,54	.	1,85	20,45	22,84	13,48	92,33	129,62
XII	0,05	0,53	0,58	0,43	.	2,09	9,45	11,97	7,54	35,95	56,04
За год	3,23	14,40	17,63	2,58	.	48,63	355,34	406,55	225,72	1752,31	2402,21



образом, по сравнению с реками северо-восточного Приладожья (табл. 25) в Тулеме наблюдается значительное падение доли ионного стока в общем стоке растворенных веществ.

В речной системе Тулемы, как и в системе Олонки, в качестве водохранилища находится небольшое по размерам оз. Тулмозеро (объем водной массы 0,08 км<sup>3</sup>, средний годовой сток 0,32 км<sup>3</sup>). Поэтому его регулирующая роль ограничена. На Тулеме наблюдается сравнительно большой весенний паводок, но в отличие от Олонки его спад растянут вплоть до июля (рис. 1). В связи с большими колебаниями водного стока в стоке растворенных веществ также наблюдаются значительные сезонные колебания. Распределение стока растворенных веществ по месяцам представлено в табл. 17.

Таблица 17

Распределение водного стока и стока растворенных веществ р. Тулемы по месяцам 1958 г. в процентах к годовому стоку

Вид стока	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Водный . . . . .	4,1	3,2	2,6	2,3	42,1	19,2	7,5	3,7	3,7	2,7	5,6	3,3
Ионный . . . . .	5,5	4,3	4,2	3,6	36,5	16,3	7,3	4,4	4,5	2,7	6,0	4,7
Сток органических веществ .	4,9	3,3	2,9	2,5	42,3	17,5	7,2	3,9	3,9	2,9	5,5	3,2
Сток биогенных элементов . . .	5,2	3,6	3,1	2,5	41,0	21,0	8,1	2,8	2,2	2,8	5,4	2,3

Наибольший вынос как минеральных, так и органических веществ происходит в мае при самом высоком водном стоке, затем в июне, наименьший в октябре и апреле, при самых низких расходах воды. Максимальная среднемесячная величина ионного стока выше минимальной среднемесячной величины в 13, а стока органических веществ и биогенных элементов в 17 раз.

Как можно видеть из табл. 17, сезонное распределение стока органического вещества и биогенных элементов очень близко к распределению водного стока. Это объясняется небольшими колебаниями в течение года концентраций органического вещества и биогенных элементов. В ионном стоке связь с водным стоком выражена менее четко вследствие более значительного изменения концентраций ионов (особенно  $\text{HCO}_3'$ ).

В стоке биогенных элементов р. Тулемы также преимущественное положение занимает кремний (72,9%), затем азот (16,9%). Сток железа составляет 9,4, а фосфора только 0,8%.

Фосфор и азот, как и в других реках Приладожья, представлен главным образом органическими формами. Так, в составе выносимого азота 87,4% органического, 12% аммонийного и 0,6% нитратного. В составе фосфора 18,3% минерального и 81,7 органического.

Таким образом, в Тулеме по сравнению с реками северо-восточного побережья сокращается вынос нитратного и нитритного азота, а также значительно падает вынос фосфора, в первую очередь минерального (табл. 25).

Величина показателя ионного стока для Тулемы составляет всего лишь 5,1 т/км<sup>2</sup>, стока органического вещества 11,5 т/км<sup>2</sup> и стока биоген-

ных элементов  $1,3 \text{ т/км}^2$  в год. По сравнению с реками северо-восточного Приладожья (Олонкой и Видлицей) показатели ионного стока и стока биогенных элементов в Тулеме ниже почти в 2 раза (табл. 26).

### РЕКА ЯНИСЬЕКИ

По естественным условиям формирования химического состава вода Янисьёки мало отличается от других рек северного Приладожья. Минерализация ее у выхода из Янисьёки очень мала (около  $15 \text{ мг/л}$ ) и с малой амплитудой колебания в году. Вследствие меньшей заболоченности водосбора и большей озерности содержание органических веществ меньше, чем в р. Тулеме, однако в течение всех сезонов их концентрации выше суммы ионов. Вода характеризуется так же, как и в р. Тулеме, крайне низкими концентрациями фосфатов ( $0,002\text{—}0,008 \text{ мг/л Р}$ ) и органического фосфора. В отличие от р. Тулемы в воде Янисьёки несколько выше концентрации  $\text{NO}_3'$ , что связано с более высоким рН воды Янисьёки, способствующим большему развитию процессов нитрификации, и, частично, со вторичным стоком в реку вод целлюлозно-бумажной промышленности. С последним связано и наличие в воде нитритных ионов.

Для р. Янисьёки характерны также незначительные колебания всех гидрохимических показателей в течение года. Это объясняется, по-видимому, как небольшим участием в питании речной системы Янисьёки подземных вод и их низкой минерализацией, так и огромной регулирующей ролью крупного озера в системе Янисьярви (объем водной массы  $2,25 \text{ км}^3$ , годовой сток  $1,26 \text{ км}^3$ ), в котором воды аккумулируются и трансформируются.

Однако в  $4 \text{ км}$  от истока естественный химический состав воды подвергается резкому изменению благодаря большому вторичному стоку в р. Янисьёки вод целлюлозно-бумажного комбината «Ляскеля». Измененный химический состав воды сохраняется до устья и вызывает ряд особенностей в режиме реки и ее химическом стоке.

В результате стока промышленных вод вода реки приобретает сульфатный характер, который сохраняется в течение всего года (за исключением периода простоя на комбинате); несколько повышается минерализация и примерно в 2 раза возрастает количество бесцветного стойкого органического вещества, в составе которого представлены преимущественно лигносульфоновые кислоты.

Средние месячные концентрации ионов, биогенных элементов и органического вещества представлены в табл. 18 и 19.

Вследствие естественной зарегулированности р. Янисьёки (наличие в системе крупного озера) и искусственной (четыре плотины) расход воды довольно постоянен, паводок очень слабо выражен: минимальный месячный расход ниже максимального в 2,1 раза.

При небольших внутригодовых колебаниях в содержании отдельных ингредиентов и почти постоянных расходах, естественно, сток растворенных веществ Янисьёки также испытывает очень небольшие колебания в отдельные месяцы. Сток ионов, органического вещества и биогенных элементов р. Янисьёки за 1958 г. и половину 1959 г. представлен в табл. 20, 21, 22 и 23.

За 1958 г. р. Янисьёки вынесла в Ладожское озеро  $87,8 \text{ тыс. т}$  растворенных веществ. Ионный сток составляет  $29,4 \text{ тыс. т}$ , что близко к стоку р. Олонки за 1958 г. Однако в связи со значительно большей площадью водосбора Янисьёки ( $3650 \text{ км}^2$ ) по сравнению с Олонкой ( $2550 \text{ км}^2$ ) показатель ионного стока для р. Янисьёки составляет лишь



Таблица 18

Средние месячные концентрации ионов и органического вещества в воде р. Янисъёки в 400 м от устья, мг/л

Месяцы	Расход воды, м <sup>3</sup> /сек	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>'</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>'</sup>	Cl <sup>'</sup>	Сумма ионов	Органическое вещество
1958 г.									
I	46,5	3,55	1,15	1,61	4,15	6,79	1,73	18,98	37,3
II	41,8	3,52	1,27	1,59	3,51	7,05	1,70	18,64	37,8
III	44,9	3,48	1,16	1,40	3,48	7,41	1,66	18,59	40,0
IV	52,6	3,63	1,17	1,14	2,94	8,91	1,90	19,69	40,8
V	53,7	3,27	1,12	1,18	4,19	7,44	1,52	18,72	33,8
VI	71,2	3,53	0,82	—	5,09	5,70	1,04	17,56**	33,4
VII	63,8	3,33	0,90	—	6,70	4,23	0,99	17,53**	26,0
VIII	44,6	3,32	0,94	—	6,59	4,85	1,03	18,11**	27,0
IX	42,2	3,88	0,42	—	5,29	6,32	1,13	18,42**	35,9
X	35,9	4,05	0,88	—	5,08	6,39	1,22	19,00**	41,6
XI	33,6	4,39	0,93	—	4,07	7,58	1,14	19,49**	44,5
XII	33,9	4,26	1,03	—	4,10	8,11	1,31	20,19**	43,5
Средн. за год	47,06	3,68	0,98	1,38*	4,60	6,73	1,36	18,74	36,8
1959 г.									
I	29,9	3,91	1,20	—	4,48	8,40	1,60	20,97**	41,8
II	26,6	3,38	1,80	—	3,98	9,39	1,69	21,62**	47,5
III	23,4	2,79	2,34	—	3,41	10,40	1,76	22,08**	53,9
IV	21,4	4,10	1,68	—	4,02	9,77	1,76	22,71**	49,0
V	38,7	4,56	0,81	—	3,40	8,19	1,20	19,54**	37,3
VI	40,3	4,20	0,80	—	4,14	7,12	0,93	18,57**	34,7
Средн. за 6 мес.	29,5	3,82	1,44	—	3,90	8,88	1,49	20,92**	44,0

\* Среднее за 5 месяцев.

\*\* В сумму ионов включена средняя за 5 мес. величина K<sup>+</sup> и Na<sup>+</sup>.

8,05 т/км<sup>2</sup> в год. Если учесть, что около 16% стока составляют ионы, поступающие со сточными водами комбината, то показатель естественного ионного стока р. Янисъёки выразится величиной около 6,7 т/км<sup>2</sup>. Последняя величина уже ближе к показателю ионного стока р. Тулемы. Таким образом, химическая денудация в северном Приладожье почти в 2 раза ниже, чем в северо-восточном.

В ионном стоке Янисъёки преобладает сульфатный ион (35,7%), второе место занимает гидрокарбонатный (25,5%) и третье кальций-ион (19,2%). Остальные ионы составляют от 5 до 7% от общего ионного стока.

Наибольший вынос ионов в 1958 г. наблюдался в апреле, наименьший в ноябре (табл. 24). Однако максимум превышал минимум лишь в 2,5 раза. В 1959 г. водный сток был более низким, поэтому, несмотря на более высокие средние месячные концентрации отдельных ионов и суммы ионов, сток растворенных веществ выражался более низкими величинами (табл. 22 и 23). При этом минимум

Таблица 19

Средние месячные концентрации биогенных элементов  
в воде р. Янисъёки в 400 м от устья, мг/л

Месяцы	Фосфор (P)			Азот (N)					Железо общее (Fe + Fe <sup>++</sup> )	Кремний (Si)	
	минеральный	органический	общее содержание	нитратный	нитритный	аммонийный	органический	общее содержание			
				1958 г.							
I	0,005	0,017	0,022	0,08	0,000	0,14	—	—	0,19	2,68	
II	0,005	0,016	0,021	0,07	0,000	0,19	0,49	0,75	0,19	2,91	
III	0,006	0,023	0,029	0,06	0,000	0,16	0,78	1,00	0,24	3,02	
IV	0,005	0,027	0,032	0,06	0,001	0,14	0,77	0,97	0,31	2,47	
V	0,003	0,032	0,035	0,06	0,001	0,06	0,55	0,67	0,28	2,14	
VI	0,001	0,036	0,037	0,03	0,003	0,03	0,59	0,65	0,27	2,90	
VII	0,001	0,035	0,036	0,05	0,002	0,10	0,41	0,56	0,22	2,84	
VIII	0,002	0,028	0,030	0,05	0,003	0,15	0,22	0,42	0,17	2,08	
IX	0,001	0,022	0,023	0,04	0,001	0,26	0,23	0,53	0,16	1,17	
X	0,001	0,020	0,021	0,06	0,000	0,11	0,45	0,62	0,18	2,06	
XI	0,002	0,026	0,028	0,08	0,000	0,22	0,25	0,55	0,15	2,21	
XII	0,001	0,034	0,035	0,08	0,000	0,26	0,23	0,57	0,19	2,62	
Средн. за год	0,003	0,026	0,029	0,06	0,0009	0,15	0,45	0,66	0,21	2,42	
				1959 г.							
I	0,001	0,038	0,039	0,09	0,001	0,27	0,32	0,68	0,28	3,14	
II	0,003	0,035	0,038	0,06	0,000	0,35	0,24	0,65	0,18	2,93	
III	0,003	0,030	0,033	0,02	0,000	0,37	0,11	0,50	0,08	2,35	
IV	0,002	0,025	0,027	0,11	0,000	0,44	0,14	0,69	0,20	1,76	
V	0,002	0,026	0,028	0,09	0,001	0,25	0,33	0,67	0,21	1,44	
VI	0,002	0,025	0,027	0,06	0,002	0,19	0,26	0,51	0,24	1,22	

наблюдался в апреле, а максимум в мае и июне. В 1958 г. ионный сток реки составлял 33,5% от общего стока растворенных веществ. Органических веществ р. Янисъёки выносит почти в 2 раза больше, чем минеральных. В 1958 г. вынесено органического вещества 53,4 тыс. т, что составляет 60,8% от общего стока растворенных веществ.

Сток органического вещества по месяцам испытывает еще меньшие колебания, чем ионный (табл. 24). Максимум, который в 1958 г. наблюдался в июне, превышал минимум (VIII) менее, чем в 2 раза.

В первой половине 1959 г. сток органического вещества был также ниже такого стока в 1958 г. Показатель стока органического вещества равен 14,6 т/км<sup>2</sup> в год. Примерно половину органического вещества составляет органическое вещество вторичного стока.

Сток биогенных элементов р. Янисъёки в 1958 г. составлял 5,03 тыс. т или 5,6% от общего стока растворенных веществ.

Первое место в стоке биогенных элементов, как и в других реках, принадлежит кремнию (74,1%), на втором месте азот (18,4%), затем следует железо (6,6%) и фосфор (0,9%). В составе азота 67,2% органического вещества, 23,1 аммонийного. Нитритный и нитратный составляют 9,6% суммарного азота. В отличие от вышеописанной реки



Таблица 20

Ионный сток и сток органического вещества р. Янисъёки  
в 1958 г., т

Месяцы	Ca <sup>..</sup>	Mg <sup>..</sup>	Na <sup>·</sup> +K <sup>·</sup>	HCO <sub>3</sub> '	SO <sub>4</sub> '	Cl'	Сумма ионов	Органическое вещество
I	442,1	143,2	200,5	516,7	845,7	215,5	2363,7	4645,6
II	356,0	129,1	160,8	355,0	713,0	172,9	1886,8	3841,0
III	418,9	139,6	168,5	418,9	891,9	199,8	2237,6	4814,0
IV	776,3	249,9	156,4	629,0	1906,5	404,4	4122,5	5568,7
V	470,2	161,6	169,8	602,9	1070,5	219,7	2694,7	4863,3
VI	651,5	151,7	254,7	939,6	1052,0	191,9	3241,4	6384,5
VII	557,3	165,3	235,7	1444,2	722,4	170,6	3295,5	4439,6
VIII	396,9	112,4	164,9	787,9	579,9	123,1	2165,1	3228,2
IX	424,6	46,3	150,8	578,2	690,8	123,5	2014,2	3924,0
X	390,2	84,7	132,9	489,1	615,3	116,9	1829,1	3881,4
XI	383,0	80,6	120,3	354,8	660,7	99,1	1698,5	3877,3
XII	386,7	93,5	125,3	372,2	736,1	118,9	1832,7	3948,5
За год	5653,7 19,3%	1557,9 5,3%	2040,6 6,9%	7488,5 25,5%	10484,8 35,7%	2156,3 7,31%	29381,8	53416,1

Таблица 21

Ионный сток и сток органического вещества р. Янисъёки  
в 1959 г. (январь — июнь), т

Месяцы	Ca <sup>..</sup>	Mg <sup>..</sup>	Na <sup>·</sup> +K <sup>·</sup>	HCO <sub>3</sub> '	SO <sub>4</sub> '	Cl'	Сумма ионов	Органическое вещество
I	313,6	96,1	110,5	358,8	672,7	128,1	1679,8	3347,5
II	217,5	115,8	88,8	256,1	604,2	108,8	1391,2	3056,6
III	175,1	146,6	86,5	213,8	651,8	110,3	1384,1	3378,1
IV	227,4	93,6	76,5	223,0	541,7	97,6	1259,8	2606,9
V	459,5	84,5	143,0	352,4	821,5	131,9	1992,8	3871,0
VI	438,7	83,6	144,2	432,4	768,5	97,1	1964,5	3745,5
За 6 мес.	1831,8	620,2	649,5	1836,5	4060,4	673,8	9765,2	20005,7

северного Приладожья — Тулемы — в стоке Янисъёки значительно выше доля минеральных форм азота, особенно нитратного. Что касается фосфора, то доля его в общем стоке биогенных элементов так же мала, как и в р. Тулеме. Янисъёки выносит минерального фосфора в 10 раз меньше, чем органического. Иными словами, доля минерального фосфора в 2 раза ниже, чем это имело место в стоке р. Тулемы (табл. 25). Сток биогенных элементов составляет 1,4 т/км<sup>2</sup> в год.

Таблица 22

Сток биогенных элементов р. Янисьёки в 1958 г., т

Месяцы	Фосфор (P)			Азот (N)					Железо общее (Fe <sup>++</sup> +Fe <sup>+++</sup> )	Кремний (Si)	Суммар- ный сток биогенных элементов
	мине- раль- ный	органи- ческий	общее содер- жание	нитрат- ный	аммо- нийный	нитрит- ный	органи- ческий	общее содер- жание			
I	0,62	1,55	2,17	9,96	18,05	нет	—	28,01	23,66	333,78	387,62
II	0,50	1,65	2,15	7,40	19,69	.	33,63	60,72	19,21	294,33	376,42
III	0,72	2,76	3,48	7,22	19,25	.	93,87	120,34	28,88	363,45	516,15
IV	0,72	2,80	3,52	9,30	18,68	0,14	101,11	129,23	42,36	336,43	511,53
V	0,50	4,60	5,10	7,89	9,32	0,22	79,83	97,26	40,28	354,32	496,96
VI	0,15	6,57	6,72	5,59	15,25	0,61	108,71	130,16	49,83	553,54	740,25
VII	0,17	5,97	6,14	8,75	18,67	0,34	70,01	97,77	38,94	485,00	627,85
VIII	0,12	3,34	3,46	5,97	18,32	0,36	26,30	50,95	20,32	248,69	323,42
IX	0,23	2,42	2,65	5,24	23,31	0,08	25,35	53,98	17,27	127,88	201,77
X	0,10	1,97	2,07	6,27	11,11	нет	43,32	60,70	17,81	198,78	279,36
XI	0,17	2,34	2,51	6,97	19,78	.	21,83	48,58	13,54	192,99	257,62
XII	0,09	3,08	3,17	7,26	23,60	.	20,87	51,73	17,24	237,81	309,95
За год	4,09	39,05	43,14	87,82	215,03	1,75	624,83	929,42	329,34	3727,00	5028,90

Таблица 23

Сток биогенных элементов р. Янисьёки в 1959 г., т

Месяцы	Фосфор (P)			Азот (N)					Железо общее (Fe <sup>++</sup> +Fe <sup>+++</sup> )	Кремний (Si)	Суммар- ный сток биогенных элементов
	мине- раль- ный	органи- ческий	общее содер- жание	нитрат- ный	нитрит- ный	аммо- нийный	органи- ческий	общее содер- жание			
I	0,08	3,04	3,12	7,33	0,08	21,62	25,98	55,01	20,02	251,20	329,35
II	0,19	2,25	2,44	3,86	нет	19,94	15,44	39,24	11,58	188,54	241,80
III	0,23	1,92	2,15	1,53	.	23,04	7,48	32,05	5,41	147,28	186,89
IV	0,10	1,59	1,69	5,87	.	24,40	7,65	37,92	11,38	97,40	148,39
V	0,21	2,76	2,97	9,26	0,14	26,68	35,07	71,15	25,91	149,26	249,29
VI	0,21	2,69	2,90	6,26	0,21	19,84	27,15	53,46	25,06	127,43	208,85
За 6 ме- сяцев	1,02	14,25	15,27	34,11	0,43	135,52	118,77	288,82	99,36	961,11	1364,56

Таблица 24

Распределение водного стока и стока растворенных веществ р. Янисьёки по месяцам 1958 г. в процентах к годовому стоку

Вид стока	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Водный . . . . .	8,2	7,4	7,9	9,3	9,5	12,6	11,3	7,9	7,5	6,4	6,0	6,0
Ионный . . . . .	8,0	6,4	7,6	14,0	9,2	11,0	11,2	7,4	6,8	6,2	5,8	6,2
Сток органических веществ . . . . .	8,7	7,2	9,0	10,4	9,1	12,0	8,3	6,0	7,3	7,3	7,3	7,4
Сток биогенных элементов . . . . .	7,7	7,5	10,3	10,2	9,9	14,7	12,5	6,4	4,0	5,5	5,1	6,2



### СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТОКА РАСТВОРЕННЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗУЧЕННЫХ РЕК

Основные данные по стоку растворенных веществ рек северо-восточного и северного побережий Ладожского озера сведены в табл. 25 и по показателям стока в табл. 26.

Величина стока растворенных веществ рек северо-восточного и северного побережий Ладожского озера находится в прямой связи с расходами воды. Поэтому по общему выносу за 1958 г. растворенных веществ в соответствии с водным стоком первое место принадлежит р. Янисъёки (87,8 тыс. т), на втором месте р. Олонка (70,3 тыс. т), затем р. Тулема (32,5 тыс. т) и, наконец, р. Видлица (30,0 тыс. т).

Из всего стока растворенных веществ ионный сток несколько отклоняется от вышеуказанной закономерности. Так, ионный сток р. Видлицы выше ионного стока р. Тулемы, несмотря на то, что водный сток последней по объему больше. Это отклонение связано с более высокой концентрацией ионов в Видлице по сравнению с концентрацией их в Тулеме.

Рассматривая величину ионного стока каждой реки относительно к ее суммарному стоку растворенных веществ, также можно заметить определенную закономерность; в реках северного побережья Ладожского озера доля ионного стока в общем стоке растворенных веществ заметно ниже. Наибольший процент ионного стока от общего стока растворенных веществ наблюдается в р. Видлице (44,7%), затем следует р. Олонка (36,0%), р. Янисъёки (33,5%) и р. Тулема (28,3%).

В составе ионного стока, как правило, преобладают ионы гидрокарбонатный и кальций, в р. Янисъёки — сульфатный, гидрокарбонатный и кальций — ион.

Показатель ионного стока рек северного побережья Ладожского озера также ниже (5,1—6,7 т/км<sup>2</sup> в год), чем рек северо-восточного побережья (9,9—9,6 т/км<sup>2</sup> в год). Отсюда следует, что процессы химической денудации в северном Приладожье протекают менее интенсивно, чем в северо-восточном.

Показатель ионного стока ( $P_{и}$ ) рек северо-восточного Приладожья по величине близок к среднему многолетнему модулю стока;  $P_{и}$  рек северного Приладожья значительно меньше величины модуля стока вследствие их более низкой минерализации.

Сток органических веществ рек северного и северо-восточного побережий Ладожского озера по величине выше ионного стока. При этом в реках северного Приладожья относительное количество органического вещества в общем стоке растворенных веществ выше, чем в реках северо-восточного Приладожья. Так, за 1958 г. р. Олонкой вынесено в Ладожское озеро 38,7 тыс. т органических веществ (55,1% от общего стока растворенных веществ), что в 1,5 раза выше величины ионного стока; р. Видлицей вынесено 14,3 тыс. т (47,7%), что примерно равно ионному стоку; р. Тулемой — 20,9 тыс. т (64,30% общего стока), или в 2 раза больше, чем ионов, и р. Янисъёки 53,4 тыс. т органического вещества (60,8% общего стока), что также в 2 раза выше ионного стока.

Показатели стока органического вещества рек северного и северо-восточного Приладожья выше показателей ионного стока этих рек.

Наиболее высокий показатель стока органического вещества имеет Олонка (15,1 т/км<sup>2</sup> в год), наиболее низкий — Видлица (10,3 т/км<sup>2</sup>).

Сток биогенных элементов рек северного и северо-восточного Приладожья в 1958 г. составлял от 5,7 до 8,9% общего стока растворен-

Таблица 25

Сток растворенных веществ рек северо-восточного и северного побережий Ладожского озера в 1958 г., тыс. т и %

Река	Средний годовой расход за 1958 г., ж/сек	Суммарный сток растворенных веществ	Ионный сток	Сток органического вещества	Сток биогенных элементов	В числе биогенных элементов							
						N <sub>орг.</sub>	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>орг.</sub>	P <sub>мин.</sub>	Si	Fe	
Сев.-восточное Приладожье	Олонка . . . . .	37,0	70,3	25,3	38,7	6,3	0,7	0,1	0,03	0,1	0,04	3,6	1,7
				36,0%	55,1%	8,9%	14%			3%		57%	26%
	Видлица . . . . .	17,7	30,0	13,4	14,3	2,3	0,3	0,06	0,01	0,03	0,01	1,6	0,3
			44,7%	47,7%	7,6%	16%			2%		69%	13%	
Северное Приладожье	Тулема . . . . .	19,4	32,5	9,2	20,9	2,4	0,4	0,05	0,002	0,014	0,003	1,8	0,2
				28,3%	64,3%	7,4%	17%			0,8%		73%	9%
	Янисъёки . . . . .	47,1	87,8	29,4	53,4	5,0	0,6	0,2	0,09	0,04	0,004	3,7	0,3
			33,5%	60,8%	5,7%	18,4%			0,9%		74,1%	6,8%	

Таблица 26

Показатели ионного стока (P<sub>и</sub>), стока органического вещества (P<sub>орг.</sub>) и стока биогенных элементов (P<sub>биог.</sub>) рек северо-восточного и северного Приладожья, т/км<sup>2</sup> в год

Река	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	P <sub>и</sub>	P <sub>орг.</sub>	P <sub>биог.</sub>
Олонка . . . . .	2550	9,9	15,1	2,5
Видлица . . . . .	1395	9,6	10,3	2,2
Тулема . . . . .	1800	5,1	11,5	1,3

ных веществ. Относительная доля его закономерно убывает от рек северо-восточного побережья Ладожского озера к рекам северного побережья. Показатель стока биогенных элементов Олонки равен 2,5 т/км<sup>2</sup> в год, Видлицы 2,2, Тулемы 1,3 и Янисъёки 1,4 т/км<sup>2</sup> в год.

Основная доля стока биогенных элементов (от 57 до 73%) приходится на кремний. Несмотря на то, что концентрации кремния убывают от рек северо-восточного побережья к рекам северного побережья (с востока на запад), относительная доля кремния в общем стоке биогенных элементов, наоборот, возрастает в этом направлении за счет резкого снижения доли других элементов.

Второе место в стоке биогенных элементов в Олонке занимает железо, в остальных реках — азот. На железо приходится от 6,6 до 26% общего стока биогенных элементов, на азот от 14 до 18,4%. Относительная доля стока железа убывает от рек северо-восточного побережья к рекам северного побережья (от Олонки к Янисъёки). Доля стока азота, наоборот, в этом направлении увеличивается.

В составе азота выносятся: органического 67—87%, аммонийного 12—23, нитритного и нитратного от 0,6 до 9%. Снижение доли



минеральных форм азота наблюдается от р. Олонки к р. Тулеме. В р. Янисъёки процент минеральных форм азота возрастает снова в связи со вторичным стоком.

Сток фосфора составляет всего лишь от 0,8 до 3% общего стока биогенных элементов, при этом от 9 до 30% он представлен фосфатами; остальная часть выносится в виде органического фосфора. Убытие доли фосфора как общего, так и его минеральной формы, в общем стоке биогенных элементов происходит также в направлении от рек северо-восточного побережья к рекам северного побережья Ладожского озера (от Олонки и Видлицы к Тулеме и Янисъёки).

Колебания стока растворенных веществ по месяцам и сезонам небольшие в реках более зарегулированных, в составе речных систем которых имеются сравнительно крупные озера — водохранилища (Видлица, Янисъёки). В реках менее зарегулированных, с небольшими озерами в качестве водохранилищ, колебания стока растворенных веществ в течение года довольно большие (Олонка, Тулема).

### ВЫВОДЫ

1. В течение 1958 г. наиболее крупными реками северо-восточного и северного побережий Ладожского озера — Олонкой, Видлицей, Туломой и Янисъёки — вынесено в Ладожское озеро 220 тыс. т растворенных веществ. В соответствии с величинами водного стока наибольшую величину стока растворенных веществ имеет Янисъёки (87,8 тыс. т), наименьшую — Видлица (30,0 тыс. т).

2. В стоке растворенных веществ рек северо-восточного и северного Приладожья наибольшую долю составляют органические вещества (47—64%), на втором месте ионный сток (28—36%) и наименьшим процентом представлен сток биогенных элементов (6—9%). Относительная доля ионного стока и стока биогенных элементов убывает от рек северо-восточного к рекам северного побережья Ладожского озера.

3. В составе ионного стока в реках Олонке, Видлице и Тулеме преобладают гидрокарбонатный и кальций-ионы, в р. Янисъёки сульфатный, гидрокарбонатный и кальций.

4. В стоке биогенных элементов основная доля приходится на кремний (57—73%), затем следует азот (14—18%) и железо (6—26%). Меньше всего реками выносится фосфора (0,8—3,0%). При этом доля фосфора в общем стоке биогенных элементов в реках северного Приладожья в 2,5—3 раза меньше, чем в реках северо-восточного Приладожья.

Азот и фосфор выносятся реками преимущественно в форме органических соединений (до 60—90%). Из минеральных форм азота в стоке преобладает аммонийный азот (12—23% от общего). Нитритный и нитратный азот составляют лишь от 0,6 до 9% от общего стока азота.

5. Максимальный сток растворенных веществ на всех реках происходит в период весеннего половодья, как правило, в мае или в июне, реже в апреле. Падение стока растворенных веществ наблюдается в конце летней межени (IX) и зимней (III—IV).

6. Наиболее высоким показателем стока рек северо-восточного и северного Приладожья характеризуется сток органического вещества (10,3—15,1 т/км<sup>2</sup> в год); затем по величине следует показатель ионного стока (5,1—9,9 т/км<sup>2</sup>); наименьшей величиной представлен показатель стока биогенных элементов (1,3—2,5 т/км<sup>2</sup> в год).

Показатели ионного стока и стока биогенных элементов рек северо-восточного побережья Ладожского озера выше, чем рек северного побережья.

7. Исходя из величины показателей стока, можно сделать заключение, что процессы химической эрозии в северо-восточном Приладожье происходят интенсивнее, чем в северном.

#### ЛИТЕРАТУРА

А лекин О. А. Ионный сток и средний состав речной воды для территории СССР. «Тр. ГГИ», вып. 33 (87), Л., 1951.

Воронков П. П. Основные черты формирования режима ионного состава поверхностных вод в условиях Севера. Там же.

Дышко Т. В. Применение микрометода Кьельдаля к определению органического азота в природных водах. «Гидрохимические материалы», т. 20, 1953. Архив б. Карельского филиала АН СССР. Фонд 2, опись 11, дело 125.

Скопинец Б. А. Органическое вещество в природных водах (водный гумус). «Тр. Гос. океанографич. ин-та», вып. 17 (29), Л., 1950.

Харкевич Н. С. Гидрохимия рек северо-восточного и северного побережий Ладожского озера. Рукоп., 1961. Архив б. Карельского филиала АН СССР. Фонд 2, опись 11, дело 124.