

# ИОННЫЙ СТОК РЕК СЕВЕРНОГО ПРИОХОТОМОРЬЯ

**Дана гидрохимическая характеристика рек Северного Приохотоморья, двумя независимыми способами подсчитан суммарный ионный сток рек в Северную часть Охотского моря.**

## Введение

В конце 60-х годов XX века был произведен подсчет суммарного ионного стока рек СССР в Тихий океан [1]. В настоящей работе ставится цель на основе современных данных о стоке рек и минерализации речных вод подсчитать суммарный ионный сток рек Северного Приохотоморья.

Рассматриваемый район расположен на Северо-Востоке России. В данной работе под Северным Приохотоморьем понимается территория бассейнов рек Охотского моря от водосбора р. Парень с востока до западной границы бассейна р. Тауя (рис. 1).

Реки исследуемого района, а также прилегающая часть Охотского моря являются местами обитания морских, пресноводных рыб, водорослей, морских беспозвоночных и млекопитающих [2], а эти ресурсы чувствительны к качеству воды. Ионный сток рек, являясь частью экзогенных процессов, участвует в сносе вещества с материка в Мировой океан. Поэтому вопросы качества речной воды, количества переносимого ею растворенных веществ имеют значительное научно-практическое значение.

### *Гидрометеорологические условия*

Характерной особенностью рассматриваемой территории, с которой формируется ионный сток, является холодный климат, прерывистое распространение многолетней мерзлоты. Лесной ландшафт на горных хребтах и нагорьях сменяется тундрой, каменистыми пустынями (гольцами).

Типичными для рассматриваемой территории являются муссоны. Зимой, вследствие сильного выхолаживания, над сушей образуется антициклон, определяющий малооблачную погоду и низкую температуру; над Охотским морем располагается область низкого давления, циклоны с более теплыми

**М.В. Ушаков\***,  
кандидат  
географических наук,  
научный сотрудник,  
ФГБУН  
Северо-Восточный  
комплексный научно-  
исследовательский  
институт  
Дальневосточного  
отделения Российской  
академии наук



воздушными массами. Такое расположение барических образований обуславливает устойчивое перемещение холодных масс воздуха с суши на море – зимний муссон. Летом над нагретой сушей устанавливается низкое давление, а над морем – высокое, что обуславливает воздушные потоки, направленные с моря на сушу – летний муссон [3]. Средняя годовая температура воздуха ниже нуля ( $-2,5 \div -7,2$  °С). Наиболее холодным является январь, самым теплым – июль.

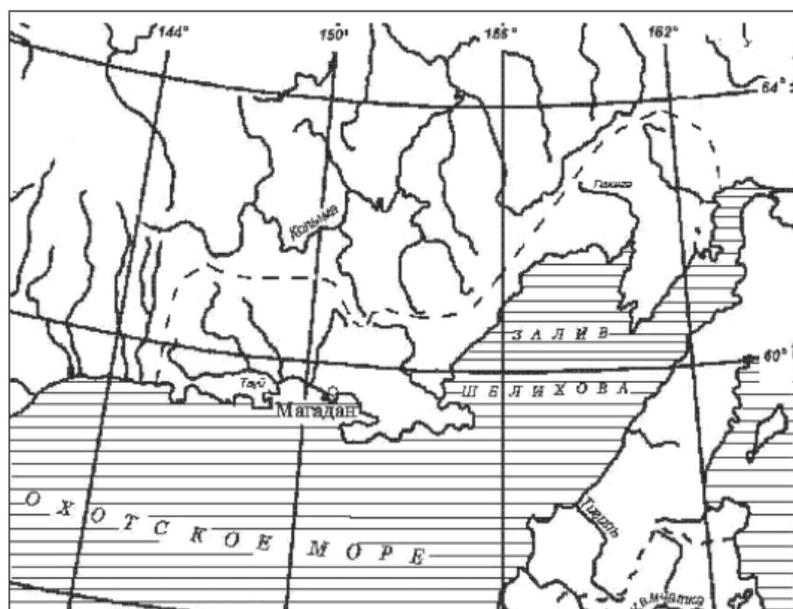
Осадки в течение всего года определяются циклонической деятельностью, внутримассовые осадки, обусловленные сильным прогревом, вносят незначительный вклад в годовую сумму.

Внутригодовое распределение стока рек отличается значительной неравномерностью. В теплую часть года (май-октябрь) протекает основная масса воды (94-99 %). В зимние месяцы сток незначителен.

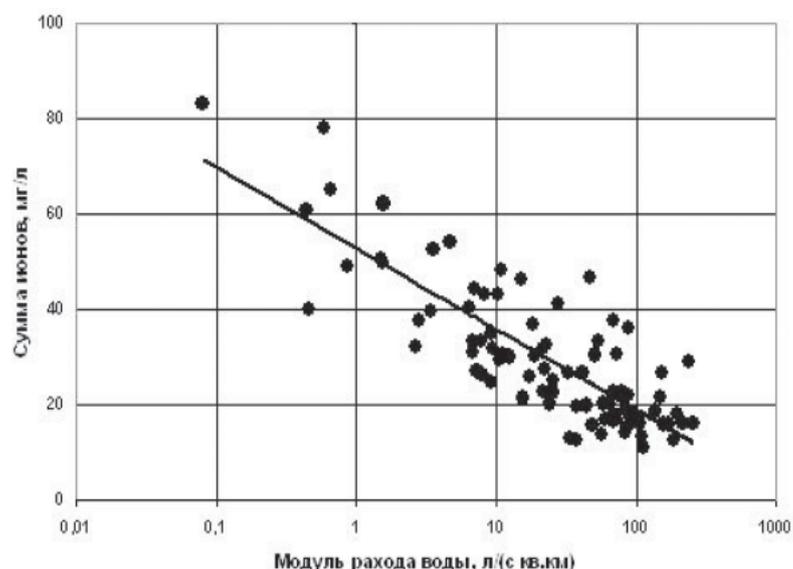
В период половодья проходит в среднем 35-55 % суммарного стока за год. Сток формируется главным образом за счет снеготаяния, доля дождевых вод не велика, подземный сток практически отсутствует. Гидрографы половодья характеризуются зачастую пилообразной, формой. Волна половодья нередко сливается с последующими дождевыми паводками.

Дождевые паводки проходят в период середина июня – сентябрь. Как правило, в сред-

\* Адрес для корреспонденции: [mvilorich@narod.ru](mailto:mvilorich@narod.ru)



**Рис. 1.** Карта-схема Северного Приохотоморья. Пунктиром оконтурена рассматриваемая водосборная площадь.



**Рис. 2.** Связь суммы ионов  $\Sigma m$  в воде с стоком рек Северного Приохотоморья.

**Таблица 1**

Сведения о гидрологических постах с данными о химическом составе вод

№ пп	Река – пункт	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Год начала гидрохимических наблюдений
1	Гижига – в 20 км от устья	20	11700	1955
2	Дукча – устье	1,1	330	1961
3	Магаданка – устье р. Каменушка	9	74,7	1957
4	Каменушка – в 3,3 км выше плотины	6,4	58,8	1962
5	Хасын – п. Хасын	67	682	1942
6	Тауй – с. Талон	36	25100	1941

нем за год наблюдается от одного-двух до трех-пяти паводков.

В летне-осенний период в связи с оттаиванием деятельного слоя доля подземного стока начинает увеличиваться.

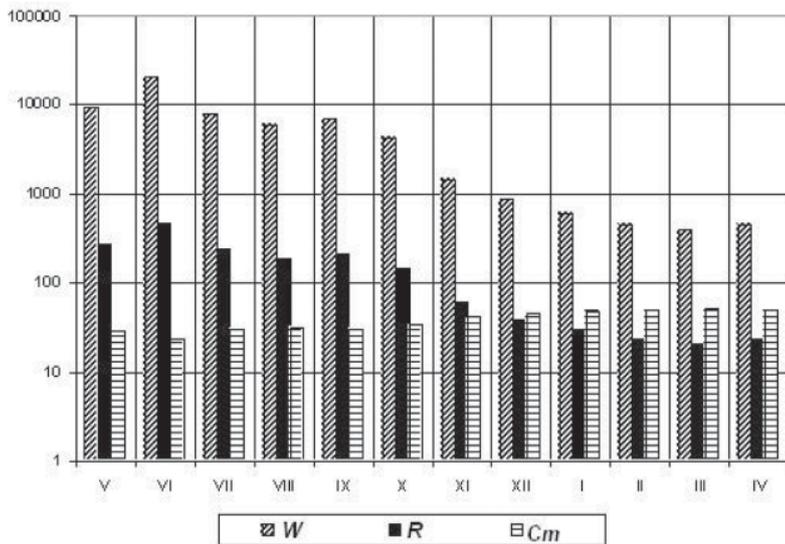
Наименьшие расходы воды за период открытого русла могут наблюдаться в любой летний месяц, преимущественно во второй половине лета и перед появлением на реке осенних ледовых явлений. Продолжительность летних меженных периодов, как правило, незначительна. В меженные периоды реки в основном питаются подземными водами.

Зимняя межень наблюдается со второй половины октября до начала мая. В этот период реки питаются исключительно грунтовыми водами.

*Гидрохимический режим и ионный сток рек*

Для подсчета ионного стока рек Северного Приохотоморья были взяты многолетние данные по шести гидрологическим постам Колымского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (табл. 1).

Благодаря холодному гумидному климату воды рек рассматриваемой территории по степени минерализации являются ультрапресными, по преобладающим ионам в соответствии с классификацией [1] относятся к гидрокарбонатно-кальциевому типу. Кислотность рН в течение года и по территории меняется слабо и лежит в пределах 6,0 – 7,2. Состав растворенных веществ в рассматриваемых пунктах отбора проб имеет сходные черты. Содержание растворенного кислорода в течение года практически не меняется. Повышенное содержание углекислого газа отмечается в периоды весеннего половодья, летне-осенней и зимней межени. С момента пика весеннего половодья до конца зимней межени концентрации ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$ ,  $\text{Cl}^{-}$   $\text{HCO}_3^{-}$  постепенно растут, содержание



**Рис. 3.** Внутригодовое распределение водного стока  $W$  (млн.  $m^3$ ), ионного стока  $R$  (тыс. т) и минерализации  $C_m$  (мг/л) рек Северного Приохотоморья.

ионов  $Mg^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$  слабо меняется. Повышенные концентрации кремния  $Si$  отмечаются в летние месяцы, особенно в период дождевых паводков. Увеличение содержания ионов  $NO_3^-$  и железа происходит в период дождевых паводков и летне-осенней межени. Концентрация ионов  $NO_2^-$  в течение года остается на одном уровне. Содержание фосфора практически не меняется за исключением весеннего половодья, когда его концентрация значительно снижается. В многолетнем ходе среднегодовых концентраций растворенных веществ тренды не прослеживаются. С увеличением удельного речного стока сумма ионов (минерализация)  $C_m$  (мг/л) уменьшается (рис. 2).

$$C_m = 52,7 - 7,33 \ln M \quad (\text{корреляционное отношение } \rho = 0,83), \quad (1)$$

где  $M$  – модуль расхода воды ( $л/(с \cdot км^2)$ ). В работе [4] было установлено, что суммарный сток рек с изучаемой территории в среднем составляет  $59,9 км^3/год$  ( $14,4 л/(с \cdot км^2)$  или  $1900 м^3/с$ ). Пользуясь формулой (1), можно подсчитать среднемноголетний ионный сток рек Северного Приохотоморья (табл. 2, рис. 3), он составляет  $1,7$  млн. т/год.

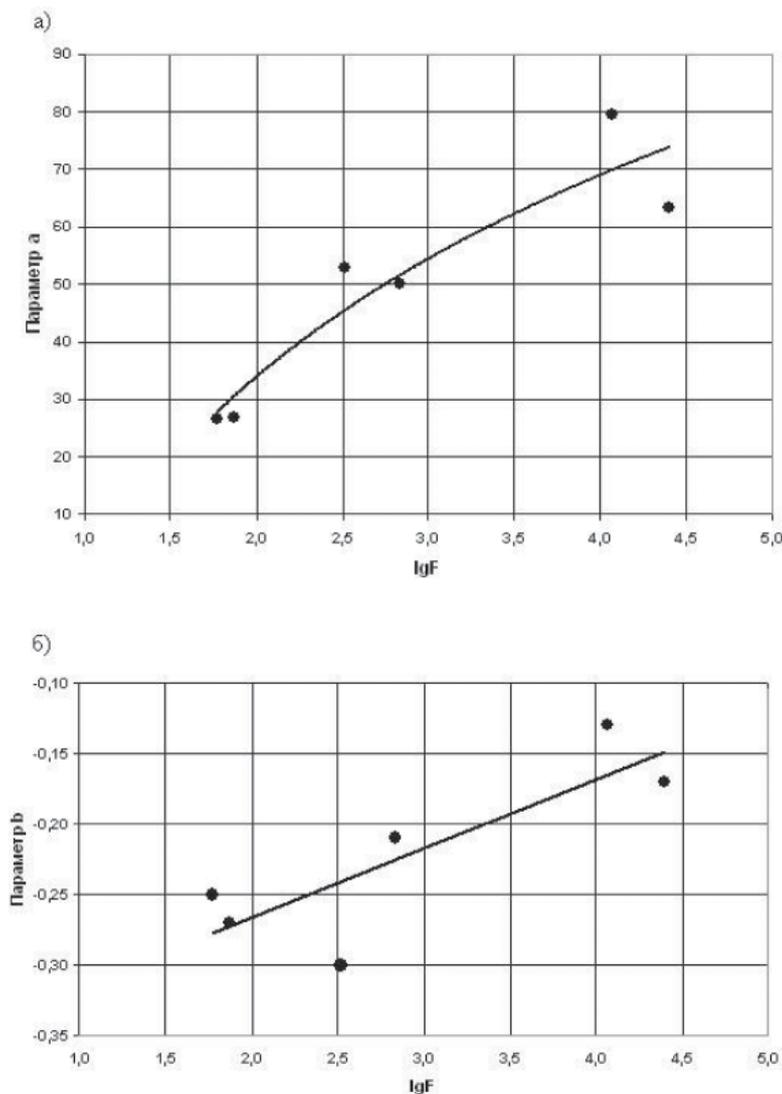
По данным рассматриваемых пунктов получены уравнения связи суммы ионов  $C_m$  (мг/л) с расходом воды  $Q$  ( $м^3/с$ ) вида

$$C_m = aQ^b, \quad (2)$$

где параметры  $a$  и  $b$  приведены в табл. 3. Параметры уравнения  $a$  и  $b$  прямо пропорциональны площади водосбора  $F$  (рис. 4)

$$a = 50,7 \ln(\lg F), \quad (\rho = 0,93), \quad (3)$$

$$b = 0,049 \lg F - 0,36, \quad (\rho = 0,84). \quad (4)$$



**Рис. 4.** Связь параметров  $a$  и  $b$  в уравнении (2) с площадью водосбора  $F$  ( $км^2$ ).



**Таблица 2**

Внутригодовое распределение водного и ионного стока рек Северного Приохотоморья (водосборная площадь 132300 км<sup>2</sup>)

Характеристика	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	Год
Водный сток, км <sup>3</sup>	9,50	20,8	7,92	6,01	6,99	4,36	1,45	0,85	0,60	0,45	0,40	0,46	59,9
Модуль расхода воды, л/(с·км <sup>2</sup> )	26,8	60,6	22,3	17,0	20,4	12,3	4,23	2,39	1,68	1,41	1,13	1,33	14,4
Сумма ионов, мг/л	28,6	22,6	29,9	31,9	30,6	34,3	42,1	46,3	48,9	50,2	51,8	50,6	33,2
Ионный сток, тыс. т	270	470	240	190	210	150	61	39	29	23	21	23	1700

**Таблица 3**

Параметры уравнений регрессии связи суммы ионов  $K_m$  (мг/л) с расходом воды  $Q$  (м<sup>3</sup>/с) по отдельным рекам Северного Приохотоморья

№ пп	Река – пункт	$a$	$b$	Корреляционное отношение $\rho$
1	Гижига – в 20 км от устья	79,6	-0,13	0,86
2	Дукча – устье	53,0	-0,30	0,94
3	Магаданка – устье р. Каменушка	26,9	-0,27	0,88
4	Каменушка – в 3,3 км выше плотины	26,6	-0,25	0,87
5	Хасын – п. Хасын	50,1	-0,21	0,90
6	Тауй – с. Талон	63,3	-0,17	0,84

Учитывая формулы (3), (4), для всей водосборной площади Северного Охотоморья уравнение (2) будет иметь вид

$$C_m = 82,8Q - 0,11 \quad (5)$$

Среднегодовая концентрация ионов в речных водах рассматриваемой территории при среднемноголетнем расходе 1900 м<sup>3</sup>/с будет составлять  $C_m = 36,1$  мг/л, а ионный сток – 1,9 млн. т/год, что на 12 % больше предыдущего результата (табл. 2).

**Ключевые слова:**

ионный сток,  
расход воды,  
минерализация,  
концентрация

**Заключение**

**В** результате проведенного исследования получена оценка ионного стока рек Северного Приохотоморья двумя независимыми способами, которые дают схожие результаты.

За окончательную оценку ионного стока можно принять величину 1,8 млн. т/год; для сравнения – по оценкам [1] суммарный ионный сток рек с территории СССР в Тихий океан составляет 31,23 млн. т/год.

**Литература**

1. Алекин О.А.. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 444 с.
2. Ландшафты, климат и природные ресурсы Тауйской губы Охотского моря. Владивосток: Дальнаука, 2006. 525 с.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 19. Северо-Восток. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 282 с.
4. Лобанов С.А. Ресурсы речных вод Магаданской области и их многолетняя изменчивость / С.А. Лобанов, М.В. Ушаков. // География и природные ресурсы. 2008. № 3. С. 86-89.

M.V. Ushakov

## ION SINK OF THE RIVERS ASSOCIATED WITH NORTH PART OF THE OKHOTSK SEA

**H**ydrochemical characteristic of the rivers associated with North part of the Okhotsk Sea was given. Total river ion sink to North part of the Okhotsk Sea was calculated by two independent ways.

**Key words:** ion sink, water flow, salinity, concentration.