

УДК 551.482.214

Н. М. ШЕСТЁРКИНА, В. С. ТАЛОВСКАЯ

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА
ВОДОТОКОВ БАСЕЙНА ТУГУРСКОГО ЗАЛИВА ОХОТСКОГО МОРЯ**

Приведены результаты гидрохимических исследований поверхностного стока в бассейне Тугурского залива в южной части Охотского моря, в районе возможного строительства приливной электростанции. Рассмотрена пространственно-временная динамика гидрохимических параметров притоков, впадающих в залив. Дана оценка стока растворенных веществ. Отмечено значительное влияние поступления растворенных органических веществ с заболоченных территорий на южную часть акватории залива. Водообмен с морем и его временная изменчивость обуславливают особенности химического состава речных вод в устьевых зонах.

Ключевые слова: Тугурский залив, фоновые концентрации, ионный сток, зона смешения, соленость.

We report results from hydrochemical investigations into the overland runoff within the watershed basin of the Tugursky Gulf in the southern part of the Sea of Okhotsk, in the area of the prospective construction of the tidal power plant. We examine the spatio-temporal dynamics of hydrochemical parameters of the tributaries flowing into the gulf. An estimate is made of

© 2010 Шестёркина Н. М. (nina_shesterkina@mail.ru), Таловская В. С. (tvs53@mail.ru)

the runoff of dissolved substances. The study revealed a significant influence of the entry of dissolved organic substances from swamped territories on the southern part of the gulf's water area. The water exchange with the sea and its temporal variability are responsible for the distinctive features of chemical composition of the river waters in the confluence zones.

Keywords: Tugursky Gulf, background concentrations, ionic runoff, mixing zone, salinity.

ВВЕДЕНИЕ

Использование энергии приливно-отливных течений позволяет эффективно объединить их прерывистую энергию с энергией постоянных источников. Для обеспечения удаленных северных районов Хабаровского края дешевой возобновляемой энергией морских приливов в Тугурском заливе планировалось строительство приливной электростанции (ПЭС). Этому способствуют благоприятные природные условия и мощные приливно-отливные течения (средняя высота прилива составляет 4,7 м). Предполагаемое строительство Тугурской ПЭС требовало оценки современного состояния залива и возможных экологических последствий ее создания и эксплуатации.

В течение 1988–1991 гг. экспедиция Института водных и экологических проблем ДВО РАН под руководством д-ра геогр. наук А. В. Иванова проводила исследования эколого-гидрохимического состояния Тугурского залива и прилегающей территории с целью выявления фоновых концентраций растворенных веществ объектов гидросферы: атмосферных осадков, речных и морских вод. Взаимодействие континентальных пресных вод с морскими, через которое осуществляются прогрев водных масс залива и опреснение, создает возможность гидрохимической стратификации. Поступление питательных веществ, органического материала и взвесей определяют продуктивность этих вод. Для расчета приходной составляющей гидрохимического баланса вод Тугурского залива необходимы данные по химическому составу воды притоков.

В связи с возможным продолжением работ по использованию альтернативных источников электроэнергии в данной статье освещаются результаты исследований пространственно-временной изменчивости гидрохимических параметров рек и ручьев, впадающих в залив.

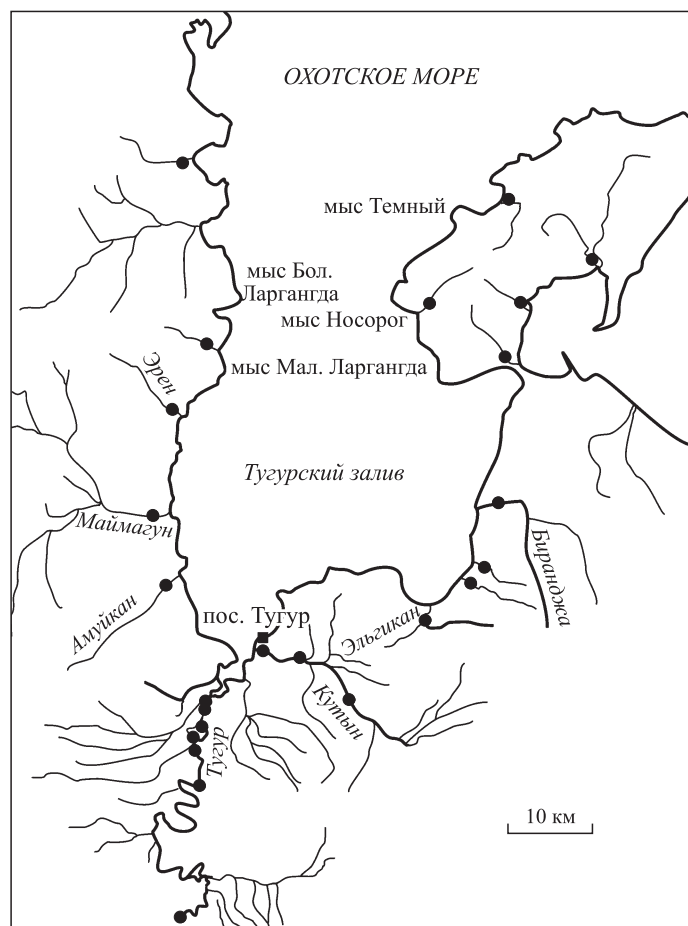


Рис. 1. Схема расположения станций отбора гидрохимических проб в 1989–1991 гг.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Поверхностный сток бассейна Тугурского залива представлен реками Тугур, Кутын, Биранджа, Маймагун, Маймакит, Эрен, множеством малых рек и ручьев, стекающих с Тугурского хребта и низких заболоченных участков в южной части побережья. Реки имеют протяженность от нескольких до десятков километров, большие скорости течения, галечное, иногда песчаное дно. Средний коэффициент густоты речной сети равен 0,78. Самый крупный приток — р. Тугур (175 км) с площадью водосбора 11 900 км².

По условиям водного режима реки относятся к дальневосточному типу, характерная черта которого — хорошо выраженное преобладание дождевого стока, обусловленное муссонным типом климата. Доля дождевого питания в общем объеме годового стока составляет 60–85 %. На снеговое питание приходится 5–20 %, на подземное — 10–20 %. Абсолютное большинство рек Тугурского залива зимой промерзает до дна, сток в них отсутствует. В весенне-летний период на притоках залива наблюдаются обычно два максимума месячного стока — в июне и августе (Маймагун и Кутын) или в июне и сентябре (Тугур); для малых рек характерен один максимум — в мае (Биранджа) [1, 2].

В течение 1989–1991 гг. отобраны пробы воды рек Тугур и Кутын (на разных расстояниях от устья), Биранджа и Маймагун в устьевой части, а также ручьев, стекающих в залив. Схема расположения станций отбора проб воды представлена на рис. 1. Химический анализ осуществлялся стандартными методами, принятыми в гидрохимии [3].

Для количественной оценки поступления растворенных веществ в залив с поверхностным стоком рассчитан ионный сток основных притоков по формуле

$$R_{\text{и}} = Q \times C,$$

где $R_{\text{и}}$ — ионный сток за расчетный период, т; Q — расход воды, м³/с; C — сумма среднемесячных концентраций ионов, мг/дм³. Учитывая низкую гидрологическую изученность территории, для расчета притока поверхностных вод в Тугурский залив использовали режимные данные рек-аналогов [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По содержанию растворенных веществ вода исследованных водотоков ультрапресная, величина минерализации в зоне отлива не превышает 100 мг/дм³. По химическому составу вода рек и ручьев бассейна залива гидрокарбонатно-кальциевая, в зоне действия приливов тип речной воды изменяется на хлоридно-натриевый (табл. 1 и 2).

Величина рН варьирует в пределах 6,0–7,4. Связь величины рН с расходами воды выражена слабо, наблюдается тенденция к увеличению рН при уменьшении расходов. Так, в р. Тугур (в 5 км от устья) в августе 1990 г. в условиях глубокой летней межени величина рН возросла до 7,55, а при повышении уровня в сентябре снизилась до 6,5. Низкие величины рН (4,35–5,95) отмечались летом 1990 г. в ручьях, стекающих с болот в р. Кутын после прошедшего дождя. Кислотные свойства воды обусловлены низкими величинами рН болотных вод и атмосферных осадков, питающих ручьи. Средняя величина рН атмосферных осадков, отобранных летом 1989–1990 гг., составила 4,5 (см. табл. 1). Минерализация дождевых вод находилась в пределах 8,5–30,3 мг/дм³, среднее значение составило 18,6 мг/дм³, что в 2,5 раза выше, чем для Приамурья. Возрастание минерализации происходит за счет поступления в атмосферу аэрозолей морского генезиса [4].

Таблица 1

Химический состав водных объектов в бассейне Тугурского залива (средние значения за период 1989–1990 гг.)

Показатели	Атмосферные осадки (дождь) (n = 13)	Ручьи		Реки (устье, отлив)		
		горные (n = 13)	болотные (n = 5)	Кутын (n = 15)	Маймагун (n = 1)	Биранджа (n = 1)
рН	4,50	6,90	6,00	6,95	7,05	6,90
			мг/дм ³			
O ₂	—	9,8	8,7	10,1	—	10,7
Na	4,5	7,0	7,0	434,0	233,8	4,0
K ⁺	0,4	0,6	0,8	19,2	7,3	0,4
Ca ²⁺	0,8	4,6	3,6	21,6	9,6	3,9
Mg ²⁺	0,6	2,2	2,2	50,7	18,5	1,0
HCO ₃ ⁻	2,6	18,9	18,5	38,1	21,9	20,2
Cl ⁻	6,7	7,7	10,1	716,5	276,5	3,3
SO ₄ ²⁻	1,2	5,8	4,4	115,6	—	—
NO ₃ ⁻	0,49	0,69	0,88	0,72	—	0,38
NH ₄ ⁺	1,24	1,38	1,23	0,93	0,83	2,86
NPO ₄ ²⁻	0,010	0,004	0,011	0,055	0,003	0,006
Fe _{общ}	0,09	0,39	0,76	0,57	0,12	0,05
SiO ₂	—	7,7	7,5	8,0	4,5	11,2
M	18,6	49,5	49,5	1339,0	568,6	33,2
ПО	4,0	19,2	31,3	15,9	4,8	2,7

Примечание. Здесь и в табл. 2 и 3: М — минерализация, мг/дм³; ПО — перманганатная окисляемость, мгО/дм³; n — количество исследованных проб; прочерк — компонент не определялся.

Химический состав воды р. Тугур (средние значения за период 1989–1991 гг.)

Показатели	Устье (n = 4)	Расстояние от устья, км					
		1 (n = 7)	3 (n = 2)	5 (n = 10)	7 (n = 2)	10 (n = 5)	30 (n = 20)
pH	7,0	7,0	7,2	7,2	7,4	7,05	7,0
Взвеси, мг/дм ³	963,6	61,0	45,6	31,0	—	48,8	30,5
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	2,6	1,8	—	1,8	—	1,6	1,1
О ₂ , мг/дм ³	10,2	10,6	8,9	11,3	—	9,3	9,6
Na ⁺ , мг/дм ³	2528,0	4,6	5,2	6,2	2,7	2,6	2,9
K ⁺ , мг/дм ³	100,0	0,7	0,4	0,6	0,6	0,5	0,6
Ca ²⁺ , мг/дм ³	107,0	3,9	3,9	4,3	4,8	4,2	4,4
Mg ²⁺ , мг/дм ³	303,0	2,0	2,0	2,5	1,8	1,7	1,7
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	51,5	21,1	21,9	22,1	19,8	21,8	21,6
Cl ⁻ , мг/дм ³	4547,0	3,6	5,8	7,3	4,6	1,4	2,1
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	576,0	7,2	7,5	8,6	0,8	5,6	4,6
N-NO ₃ ⁻ , мкг/дм ³	92,0	21,8	12,0	27,3	85,8	77,6	59,4
N-NH ₄ ⁺ , мкг/дм ³	640,0	300	204	436	740	573	591
N _{общ} , мкг/дм ³	—	2333	2874	1766	—	1869	3722
P _{мин} , мкг/дм ³	5,8	8,0	9,6	3,3	2,0	5,2	5,7
P _{вал} , мкг/дм ³	—	23,4	16,0	16,5	—	23,4	19,5
Fe _{общ} , мг/дм ³	0,32	0,28	0,18	0,30	0,28	0,34	0,27
SiO ₂ , мг/дм ³	7,6	6,7	6,4	7,0	6,0	6,8	7,1
M	8213,0	43,5	47,1	47,1	36,2	40,7	42,6
ПО	26,4	10,5	7,0	9,1	3,8	6,3	7,1

Кислородный режим речных вод вне действия прилива в теплый период определяется колебаниями температуры, регулируемыми обмен между атмосферой и водной массой, а также интенсивностью гидробиологических процессов. На распределение кислорода по глубине определенное влияние оказывает сток с болот (содержание кислорода в воде ручьев с болот в среднем составляло 8,7 мг/дм³). При отсутствии температурной стратификации концентрация кислорода в отдельных случаях в поверхностном слое за счет стока с болот была ниже, чем на дне, на 0,2–1,0 мг/дм³. Сезонные колебания содержания О₂ составили 7,4–12,9 мг/дм³ (76–106 % насыщения). В июле–августе его концентрация изменялась в пределах 9–10 мг/дм³, в сентябре повышалась до 12 мг/дм³ и снижалась в подледной воде в результате прекращения поступления из атмосферы при образовании ледяного покрова. Минимальная насыщенность кислородом в зимнюю межень наблюдалась в подледной воде р. Тугур в 30 км от устья (50,8 % насыщения).

В зоне действия прилива кислородный режим речных вод определяется, главным образом, влиянием морских вод. В теплый период концентрация кислорода была ниже, чем вне зоны смешения и составляла в среднем 8–9 мг/дм³ в июле–августе и 9–10 мг/дм³ в сентябре. Понижение содержания кислорода в устьевой части рек может быть вызвано снижением интенсивности фотосинтеза из-за большого количества взвешенных веществ и увеличения мутности, а для р. Кутын еще и значительным влиянием болотных вод. В устьевой части р. Тугур имела место температурная стратификация, разница температур между поверхностными и придонными слоями составляла от 0,2 до 1,7 °С. Концентрация О₂ в поверхностном опресненном слое была на 0,4–1,4 мг/дм³ ниже, чем в придонных слоях, где основную массу составляют обогащенные кислородом морские воды.

В зимнее время влияние морских вод усиливается. Если на отливе в подледной воде с минерализацией 1–1,5 г/дм³ концентрации кислорода низкие (6,7–7,2 мг/дм³), то в воде с поверхности льда (во время прилива) его содержание составляло 10,7–14,3 мг/дм³ (насыщение около 100 %). Повышение концентрации кислорода обусловлено увеличением доли морских вод. Максимальная концентрация кислорода (14,7 мг/дм³) наблюдалась в зимний период в устье р. Тугур при проникновении приливных вод с соленостью 33 ‰.

Диапазон изменения величины биохимического потребления кислорода (БПК₅) в воде рек Тугур и Кутын вне действия прилива составляет 0,6–2,4 мгО₂/дм³, а в устьевых частях рек величины БПК₅ изменялись в широких пределах — от 0,2 до 11,8 мгО₂/дм³. Высокие значения БПК₅ отмечались в зимний период в воде на отливе (10,8–11,8 мгО₂/дм³) и в воде с поверхности льда во время прилива (7,0–10,4 мгО₂/дм³). Возрастание величины БПК₅ обусловлено поступлением ила в результате смыва с берегов во время отлива и с поверхности льда при приливе. Количество взвешенного вещества в воде устьевых частей рек Тугур и Кутын в результате приливно-отливных течений в среднем в 15–30 раз выше, чем вне зоны действия приливов. Рассчитанный по модулю стока вынос терригенного материала всеми притоками южной части залива достигает 2,2·10⁵ т/год [5].

Из биогенных веществ в поверхностном стоке преобладает кремний. Концентрации его в исследованных водотоках изменялись в широких пределах — от 2,2 до 13,2 мг/дм³ при среднем значении 7,1 мг/дм³, сезонные колебания хорошо выражены и связаны с изменением водного стока. В зимнюю межень содержание кремния в подледной воде возрастает в 1,5–2 раза.

Содержание минерального фосфора в речных водах бассейна незначительно, в среднем от 2 до 27 мкг/дм³. Повышенные концентрации (55–74 мкг/дм³) отмечались в зимнее время в воде с поверхности льда р. Кутын (во время прилива) за счет влияния морских вод. Концентрации общего фосфора изменялись в пределах 10–53 мкг/дм³, при этом до 70 % от его валового содержания составлял органический фосфор. В сезонном распределении общего фосфора отмечается один максимум в сентябре.

За счет органической составляющей высоких значений достигала концентрация общего азота (1000–4000 мкг/дм³), повышаясь от поверхности ко дну. Среди минеральных форм преобладает аммонийный азот, содержание которого изменялось в широких пределах как в воде рек (37–4019 мкг/дм³), так и ручьев (25–2140 мкг/дм³). Среднее значение для р. Тугур в 30 км от устья составило 591 мкг/дм³ (см. табл. 2). Для сезонного распределения аммонийного азота в водотоках бассейна характерно увеличение содержания в осенний период с достижением максимальных значений в зимнюю межень.

Реки бассейна Тугурского залива нерестовые. Наиболее богата по видовому разнообразию р. Тугур (около 20 видов). Во второй половине июля в реки на нерест заходит горбуша, а в Тугур — кета, ее ход продолжается до начала сентября [6]. Разложение погибших особей лососевых и продуктов жизнедеятельности других видов рыб, очевидно, обуславливает характер сезонного распределения иона аммония, органических форм азота и фосфора, снижение до 50 % насыщения кислородом подледной воды.

Среднее содержание нитратного азота невелико и составило 59,4 мкг/дм³ для р. Тугур в 30 км от устья. Интервал изменения концентраций широкий — от 3 до 540 мкг/дм³. Повышенное содержание нитратного азота характерно для воды ручьев, где максимальная концентрация (540 мкг/дм³) зафиксирована весной. Средняя концентрация составила 227 мкг/дм³. Повышенные уровни содержания нитратного азота в воде ручьев по сравнению с реками, видимо, обусловлены вымыванием нитратов из верхнего слоя почв и подстилающей поверхности временными дождевыми потоками летом и талыми снеговыми водами в период снеготаяния, а также питанием ручьев водами подземных горизонтов. Некоторая часть нитратов поступает в ручьи с болотным стоком.

По содержанию органического вещества (ОВ) (по величине перманганатной окисляемости) и общего железа реки и ручьи бассейна значительно различаются. Наиболее низкое содержание ОВ и железа наблюдалось в воде рек Биранджа, Маймагун — 2,7–4,8 мгО/дм³ и 0,05–0,12 мг/дм³ соответственно, а также в воде ручьев, стекающих по склонам сопок — 4,2–8,8 мгО/дм³ и 0,08–0,11 мг/дм³. В воде р. Тугур концентрации ОВ и общего железа в среднем за год для всех расстояний от устья составили 9,5 мгО/дм³ и 0,24 мг/дм³ соответственно. Причем, если концентрация железа мало изменяется в течение года, то содержание органического вещества в период ледостава (3,4–4,4 мгО/дм³) в среднем в два раза ниже, чем в теплый период (7,6–10,4 мгО/дм³). Повышенные содержания ОВ и общего железа отмечались в воде р. Кутын (среднегодовые значения 15,8 мгО/дм³ и 0,48 мг/дм³ соответственно) и в воде ручьев, стекающих с болот (26 мгО/дм³ и 0,58 мг/дм³).

На формирование химического состава поверхностных вод бассейна большое влияние оказывают болотные воды. Они участвуют в питании поверхностного стока, приносят значительные количества железа и ОВ. Неоднородность распределения органического вещества и железа в водотоках бассейна обусловлена разной степенью заболоченности их водосборов. В зоне действия прилива содержание ОВ в устьевых частях рек Тугур и Кутын повышается еще и за счет морских вод. Максимальные концентрации ОВ в этом случае отмечаются в зимнюю межень, когда влияние обогащенных ОВ морских вод усиливается в результате льдообразования и уменьшения пресного стока.

Химический состав воды изучался на разных расстояниях от устья р. Тугур: 1, 3, 5, 7, 10 и 30 км; р. Кутын — 5 и 8 км. Изменение содержания компонентов по длине р. Тугур, за исключением устьевой части, незначительное, лишь концентрации ионов Na⁺, Cl⁻ и SO₄²⁻ на расстоянии до 5 км от

Таблица 3

**Химический состав воды р. Тугур в зоне смешения с морской водой залива
(профиль от устья реки в залив во время отлива, 07.09.1989 г.)**

Показатели	Точка; глубина отбора пробы, м		
	т. 1; 3,5	т. 2; 4,8	т. 3; 7,0
pH	6,60 / 7,40	7,40 / 7,55	7,60 / 7,75
Взвеси, мг/дм ³	1886 / 41	30 / 226	14 / 147
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	1,3 / 1,5	1,1 / 1,2	0,9 / 2,3
О ₂ , мг/дм ³	9,9 / 9,0	8,5 / 9,9	8,6 / 9,0
О ₂ , % насыщения	91,7 / 97,6	91,6 / 99,5	96,4 / 100,7
Na ⁺ , мг/дм ³	34,1 / 5680	5230 / 6470	6310 / 7100
Cl ⁻ , мг/дм ³	42,5 / 10220	9420 / 11650	11360 / 12780
Соленость, ‰	0,122 / 18,46	17,02 / 21,05	20,53 / 23,08
K ⁺ , мг/дм ³	1,5 / 217,9	203,4 / 247,0	242,1 / 271,2
Ca ²⁺ , мг/дм ³	6,3 / 205,3	205,3 / 236,9	236,9 / 252,7
Mg ²⁺ , мг/дм ³	3,3 / 691,2	619,2 / 791,8	755,8 / 830,2
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	21,8 / 79,5	75,5 / 91,2	90,2 / 101,8
P _{мин} , мкг/дм ³	4,2 / 8,3	6,1 / 10,2	7,4 / 10,2
N-NH ₄ ⁺ , мкг/дм ³	932 / 323	346 / 223	300 / 246
Fe _{общ} , мг/дм ³	0,36 / 0,39	0,14 / 0,06	0,06 / 0,04
SiO ₂ , мг/дм ³	7,2 / 3,4	3,6 / 2,5	2,4 / 2,0
ПО	5,9 / 53,6	39,2 / 56,8	42,4 / 47,2

Примечание. Числитель — содержание в поверхностном слое воды, знаменатель — в придонном.

устья несколько выше. В маловодном 1990-м году в условиях глубокой летней межени концентрации указанных ионов в августе возросли настолько, что гидрокарбонатно-кальциевый тип воды изменился на хлоридно-натриевый. В 30 км от устья концентрации ионов Na⁺ и Cl⁻ в данном случае имели еще повышенные по сравнению со средними значения, но тип воды не изменялся. Содержание остальных компонентов в каждом конкретном случае либо практически не изменяется по длине реки, либо изменяется незначительно. На химический состав воды р. Кутын (в 5 км от устья) определенное влияние оказывают приливные воды залива, как и для р. Тугур. Концентрации ионов Na⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺ и Mg²⁺ по сравнению с фоновыми (р. Тугур в 30 км от устья) имеют повышенные значения.

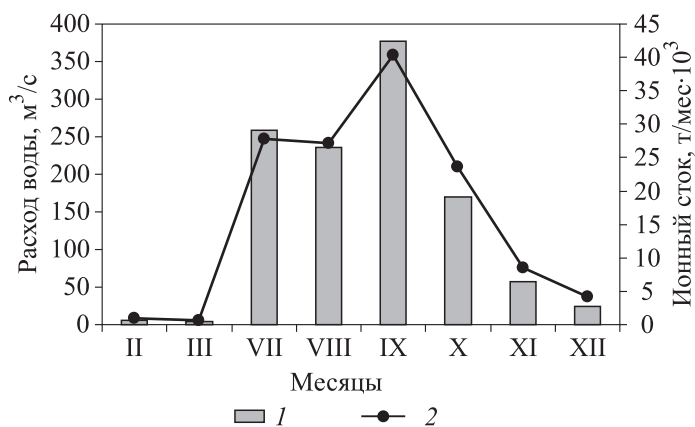
Как для р. Тугур, так и для р. Кутын отмечаются небольшие различия в вертикальном распределении растворенных солей. Поверхностный слой несколько опреснен. Сезонные изменения содержания растворенных веществ воды р. Тугур незначительны. Колебания концентрации главных ионов связаны в основном с изменением расходов воды в реке. В зоне непосредственного смешения воды р. Тугур с морской водой залива содержание всех компонентов резко изменяется. Концентрации главных ионов, минерального фосфора и ОВ возрастают за счет морских вод, увеличиваясь по разрезу от устья реки в залив. В этом же направлении уменьшаются концентрации кремния, аммонийного азота и железа за счет разбавления речной воды морской, в которой концентрации этих компонентов значительно ниже, чем в речной (табл. 3).

Таблица 4

Характеристика притоков Тугурского залива

Водотоки	Длина реки, км	Площадь водосбора, км ²	Среднегогодовой расход воды, м ³ /с	Годовой объем стока, W·10 ⁶ , м ³	Ионный сток (R _и)·10 ³ , т/год	Сток органического вещества (R _{ОВ})·10 ³ , т/год
Тугур	175	11 900	175	5521,6	235	39,2
Маймагун	48	604	5,90	186,0	106	0,89
Кутын	53	398	4,95	156,1	7,6	1,20
Биранджа	27	184	2,32	73,2	2,4	0,20

Рис. 2. Среднемесячные изменения расходов воды (1) и ионного стока (2) р. Тугур (30 км от устья) в 1989 г.



Характеристика водного стока и стока растворенных веществ представлена в табл. 4. Сезонное распределение ионного стока показывает, что 80 % растворенных веществ поступает в залив с речным стоком в весенне-летний период, когда расходы воды в реке максимальны (рис. 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные гидрохимические исследования позволили установить, что вода рек и ручьев бассейна Тугурского залива по химическому составу гидрокарбонатно-кальциевая, в зоне прилива — хлоридно-натриевая. Кроме того, речной и болотный стоки обеспечивают привнос в залив аллохтонного органического вещества, соединений железа и кремния, а влияние морских вод проявляется в общем увеличении содержания растворенных солей в устьевых частях рек и перераспределении компонентов, что приводит к метаморфизации химического состава поверхностных вод.

Для речных вод в зоне смешения характерны: значительные короткопериодные колебания солености; изменчивость соотношений между основными солеобразующими ионами, которая в условиях межени сохраняется на расстоянии до 5 км от устья; специфичность режима биогенных и органических веществ.

Речной сток, помимо опреснения морских вод залива, играет большую роль в привносе биогенных веществ, определяя уровень биологической продуктивности, а также в поступлении взвешенного вещества и наносов. Также выявлено, что основная масса растворенных веществ ($235 \cdot 10^3$ т/год) поступает в залив с водой р. Тугур, доля остальных притоков незначительна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ресурсы** поверхностных вод СССР. Т. 18: Дальний Восток; вып. 2: Нижний Амур. — Л.: Гидрометеиздат, 1970. — 592 с.
2. **Мордовин А. М.** Приток поверхностных вод в Тугурский залив. Биогеохимические и гидроэкологические оценки наземных и пресноводных экосистем. — Владивосток: Дальнаука, 2003. — Вып. 13. — С. 95–105.
3. **Руководство** по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А. Д. Семёнова — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — 541 с.
4. **Новороцкая А. Г., Иванов А. В.** Химия атмосферных осадков и снежного покрова юго-западной части Охотского моря и его водосбора // Вторые чтения им. Г. И. Невельского «Вопросы экологии при организации энергообеспечения в Приамурье», 19–23 сент. 1990 г.: Тезисы докладов. — Хабаровск, 1990. — Сб. 3. — С. 52–55.
5. **Астахов А. С., Иванов А. В., Лихт Ф. Р., Махинов А. Н.** Поступление и перемещение терригенного материала в Тугурском заливе Охотского моря // Там же. — С. 25–28.
6. **Антонов А. А.** Фауна пресноводных рыб, земноводных и пресмыкающихся Тугурского полуострова и ее возможные изменения в связи со строительством Тугурской ПЭС // Там же. — С. 84–86.

Поступила в редакцию 11 августа 2009 г.