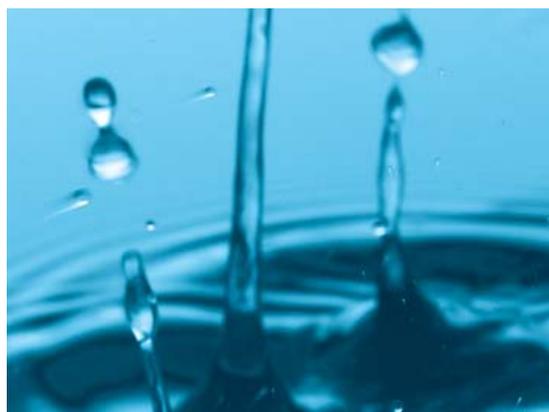


# АНТРОПОГЕННАЯ НАГРУЗКА НА УСТЬЕВЫЕ ОБЛАСТИ РЕК ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

**Впервые на основе многолетней режимной гидрохимической информации Государственной службы наблюдений проведен расчет притока растворенных химических веществ на замыкающие створы рек Дальнего Востока. Прослежены тенденции изменения степени загрязненности воды и накопления в устьевых областях биогенных соединений и загрязняющих веществ. Показано, что уровень антропогенной нагрузки значительно различается и устьевые экосистемы испытывают антропогенную нагрузку от малой до высокой и даже экстремальной.**



## Введение

**Р**ечной сток является постоянно действующим фактором, во многом определяющим особенности гидрологического режима устьевой области и компонентного состава ее водной среды. С другой стороны, на речной сток накладывається влияние целого ряда морских факторов, от которых зависят и внутрисистемные биохимические процессы в переходной зоне «река-море», и которые, в свою очередь, формируются и протекают в зависимости от климатических, географических и геологических региональных особенностей функционирования речных экосистем на их нижних участках [1, 2]. С точки зрения расположения, климатических условий, экономики Дальневосточный регион сильно отличается от других российских регионов. Специфика его природных условий определяется географическим положением на стыке двух крупных структур Земного шара – Тихого океана и Евразийского континента. Физико-географические особенности Дальневосточного региона определили разнообразие природно-климатических условий – от резко континентального до муссонного климата, что вызвало неравномерность заселения и освоения региона.

**А.М. Никаноров\***,  
чл.-корр. РАН,  
доктор геолого-  
минералогических  
наук, директор, ФГБУ  
«Гидрохимический  
институт»

**В.А. Брызгалю,**  
кандидат химических  
наук, ведущий  
научный сотрудник,  
ФГБУ  
«Гидрохимический  
институт»

В настоящее время Дальний Восток – высокоиндустриальный регион, базирующийся на использовании руд цветных металлов и минералов, рыбных и лесных ресурсов, развитии водного и наземного транспорта, обеспечивающего внешнеэкономические связи страны [3]. Все это предполагает активное вовлечение в производство местных природных ресурсов. Однако особенности и характер их использования часто не соответствуют устойчивому развитию региона, приводя к трансформации наземных и водных экосистем.

Современное состояние речных экосистем Дальнего Востока, в том числе и устьевых областей, обусловлено целым комплексом факторов природного и антропогенного происхождения. Природные факторы связаны с неустойчивостью водного режима рек в условиях муссонных черт климата, слабой способностью водных экосистем к самовосстановлению и особенностями формирования химического состава воды в пределах различных ландшафтов.

Антропогенные факторы обусловлены крупномасштабной добычей полезных ископае-

\* Адрес для корреспонденции: [ghi@aanet.ru](mailto:ghi@aanet.ru)

мых, в основном открытым способом, интенсивными, зачастую незаконными, рубками леса, приводящими к нарушению процессов естественного лесовосстановления, загрязнением речных и морских прибрежных экосистем. Важнейшим фактором, влияющим на качество водной среды рек в южной части региона, в течение продолжительного времени остается трансграничный перенос загрязняющих веществ с территории Китая [4].

В связи с этим вопрос изучения региональной специфики компонентного состава, а также пространственной и временной изменчивости притока растворенных химических веществ с последующей оценкой антропогенной нагрузки на устьевые области за счет речного стока является актуальным.

В качестве материала исследования использовалась многолетняя режимная гидрохимическая информация Государственной службы наблюдений за состоянием окружающей среды (ГСН) на замыкающих створах рек бассейнов Охотского и Японского морей, Тихого Океана. В матрицу данных включена информация за период с 1985 по 2007 гг. [5-7] по замыкающим створам рек Камчатка (г. Ключи), Средняя Авача (г. Елизово), Паратунка (урочище Микижа), Амур (с. Богородское), Тауй (с. Талон), Раздольная (с. Тереховка).

Оценка пространственно-временной изменчивости компонентного состава водной среды исследуемых речных систем проведена по таким гидрохимическим показателям, как:

- концентрация в водной среде азота аммонийного, нитритного, нитратного и фосфора общего и фосфатного, кремнекислоты;
- режим растворенного в воде кислорода, концентрация легкоокисляемых органических веществ (ЛООВ) по БПК<sub>5</sub>, приори-

**Л.С. Косменко,**  
кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУ «Гидрохимический институт»

**А.О. Даниленко,**  
младший научный сотрудник, ФГБУ «Гидрохимический институт»

тетных загрязняющих веществ (фенолов, нефтепродуктов, соединений железа, меди, цинка, никеля), хлоридов и сульфатов.

#### *Антропогенная трансформация состояния водной среды на замыкающих створах рек*

Длительная антропогенная нагрузка на исследуемые устьевые области проявляется, в первую очередь, в систематическом превышении предельно допустимых концентраций (ПДК) по многим гидрохимическим показателям. Такое повышение степени загрязненности водной среды на фоне достаточно слабой самоочищающей способности исследуемых рек Дальнего Востока приводит к изменению экологического состояния устьевых экосистем. Неравномерность хозяйственного освоения территорий Дальневосточного региона, а также неоднородность природных условий обуславливают существенные пространственные колебания в распределении загрязняющих веществ.

Анализ многолетней режимной информации ГСН показал, что приоритетными загрязняющими веществами на замыкающих створах исследуемых рек являются (табл. 1):

- для рек полуострова Камчатка – соединения железа, меди, азот нитритный, нефтепродукты и фенолы, максимальная концентрация которых периодически достигала в р. Камчатка 20-520 ПДК, 25-188 ПДК в р. Авача и 12-105 ПДК в р. Паратунка;
- для рек южной части Дальневосточного региона – соединения меди и железа, фенолы, нефтепродукты, азот нитритный, максимальная концентрация которых в водах р. Амур периодически достигала 13-180 ПДК, а в р. Раздольная – 39-65 ПДК;
- для рек северо-восточной части Дальневосточного региона – фенолы, нефтепродукты, азот нитритный и аммонийный, соединения



**Таблица 1**

Пространственно-временная изменчивость компонентного состава водной среды на замыкающих створах рек Дальнего Востока

Ингредиент (ПДК, мг/л)	Диапазон колебания концентрации, мг/л:					
	р. Камчатка, г. Ключи	р. Авача, г. Елизово	р. Паратунка, ур. Микижа	р. Амур, с Богородское	р. Раздольная, г. Уссурийск	р. Тауй, с. Талон
Хлориды (300)	1,60-8,20	0,70-10,7	1,00-9,60	1,00-22,0	1,80-124	0,50-12,8
Сульфаты (100)	1,80-22,7	2,00-22,8	3,70-40,3	н.о.-77,7	1,40-53,4	0,90-28,1
ЛООВ по БПК <sub>5</sub> (2,0)	0,30-2,86	0,14-6,54	0,16-4,16	0,13-14,5	0,06-23,0	0,14-4,39
Азот аммонийный (0,39)	н.о.*-0,200	н.о.-1,12	н.о.-0,450	н.о.-3,60	н.о.-8,10	н.о.-6,11
Азот нитритный (0,020)	н.о.-0,021	н.о.-0,560	н.о.-0,243	н.о.-0,277	н.о.-0,286	н.о.-0,025
Азот нитратный (9,0)	н.о.-0,360	н.о.-3,36	н.о.-0,600	н.о.-1,01	н.о.-2,18	н.о.-0,780
Фосфор фосфатный (0,2)	0,003-0,197	н.о.-0,154	н.о.-0,066	н.о.-0,276	н.о.-2,00	н.о.-0,080
Кремнекислота	4,70-20,8	3,70-28,5	2,50-29,9	н.о.-22,7	0,80-15,1	н.о.-10,6
Фенолы (0,001)	н.о.-0,022	н.о.-0,025	н.о.-0,023	н.о.-0,067	н.о.-0,048	н.о.-0,042
Нефтепродукты (0,05)	н.о.-1,00	н.о.-1,70	н.о.-0,35	н.о.-1,14	н.о.-1,40	н.о.-2,45
Соединения железа (0,100)	н.о.-52,0	н.о.-18,8	н.о.-10,5	0,04-4,25	0,05-4,86	н.о.-1,64
Соединения меди (0,001)	н.о.-0,032	н.о.-0,038	н.о.-0,049	н.о.-0,180	н.о.-0,045	н.о.-0,049
Соединения цинка (0,010)	н.о.-0,052	н.о.-0,064	н.о.-0,144	н.о.-0,810	0,017-0,081	н.о.-0,076
Соединения никеля (0,010)	н.о.-0,009	н.о.-0,007	н.о.-0,009	н.о.-0,015	н.о.-0,018	нет данных

\* н.о. – ниже предела обнаружения

железа и меди, максимальная концентрация которых в р. Тауй периодически достигала 13-49 ПДК.

Анализ пространственной и межгодовой изменчивости удельного комбинаторного индекса загрязненности [8] водной среды на устьевых участках исследуемых рек показал, что на фоне накопления перечисленных выше приоритетных загрязняющих веществ отчетливо прослеживается тенденция перехода некоторых из них в критические показатели загрязненности. К числу последних можно отнести (табл. 2):

- для рек полуострова Камчатка – соединения железа, меди и азота нитритного на фоне переходной степени загрязненности водной среды от загрязненной к очень загрязненной;
- для рек северо-восточной части Дальневосточного региона – соединения железа, меди цинка, азота аммонийного, фенолы, нефтепродукты на фоне тенденции перехода степени загрязненности водной среды р. Тауй от очень загрязненной к грязной;
- для рек южной части Дальневосточного региона – азот аммонийный, азот нитритный, ЛООВ, соединения железа, меди, цинка, фенолы. При этом степень загрязненности водной среды р. Раздольная остается стабильно грязной, а для р. Амур наблюдает-

ся тенденция перехода степени загрязненности от грязной к очень грязной.

*Изменчивость речного притока загрязняющих веществ в устьевые области рек*

Показанный выше характер и уровень антропогенной трансформации компонентного состава водной среды в низовьях исследуемых рек находит свое отражение в изменчивости притока растворенных химических веществ в их устьевые области. Эти данные позволяют оценить возможное загрязнение прибрежных районов морских экосистем за счет влияния речного стока на формирование состояния устьевых областей.

Для сравнительной оценки роли антропогенного фактора в формировании притока химических веществ и его межсистемной неоднородности использован модуль среднегодового притока химических веществ (тонн/км<sup>2</sup> в год) [9, 10], поскольку абсолютные их значения существенно различаются за счет различных объемов водного стока (от 0,82-1,58 км<sup>3</sup> в р. Паратунка до 243-429 км<sup>3</sup> р. Амур). Результаты расчета модуля притока показали, что (табл. 3):

- наиболее значительный приток хлоридов и сульфатов характерен для устьев рек полуострова Камчатка;

Временная изменчивость степени загрязненности (СЗ) водной среды и критические показатели загрязненности (КПЗ) на замыкающих створах рек Дальнего Востока

Река, пункт наблюдений	Показатель	Период наблюдений				
		1985-1989 гг.	1990-1994 гг.	1995-1999 гг.	2000-2004 гг.	2005-2007 гг.
Камчатка, г. Ключи	СЗ водной среды	загрязненная и очень загрязненная	загрязненная и слабо загрязненная	слабо загрязненная условно чистая	слабо загрязненная и загрязненная	загрязненная
	КПЗ	соединения Fe	нет	нет	нет	нет
Авача, г. Елизово	СЗ водной среды	загрязненная и очень загрязненная	загрязненная и слабо загрязненная	слабо загрязненная	переходная от слабо загрязненной к очень загрязненной	переходная от очень загрязненной к загрязненной
	КПЗ	соединения Cu	соединения Fe и Cu	нет	N(NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	нет
Паратунка, ур. Микижа	СЗ водной среды	весьма загрязненная	весьма и слабо загрязненная	слабо загрязненная	слабо и весьма загрязненная	весьма загрязненная
	КПЗ	нет	нет	нет	нет	нет
Амур, с. Богородское	СЗ водной среды	переходная от загрязненной к грязной	переходная от грязной к очень грязной	переходная от грязной к очень грязной	грязная	грязная
	КПЗ	соединения Zn и Cu	соединения Cu и Zn, N(NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ), фенолы	соединения Cu, Zn, Fe, фенолы	соединения Cu, Zn и Fe, фенолы	соединения Cu
Раздольная, с. Тереховка	СЗ водной среды	переходная от чрезвычайно грязной к грязной	грязная	грязная	грязная	грязная
	КПЗ	ЛООВ по БПК <sub>5</sub> , N(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ), N(NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ), фенолы, соединения Fe, Cu	ЛООВ по БПК <sub>5</sub> , N(NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ), соединения Fe, фенолы	соединения Fe, Cu, ЛООВ по БПК <sub>5</sub> , N(NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ), нефтепродукты	N(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ), N(NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ), ЛООВ по БПК <sub>5</sub> , соединения Fe	N(NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) соединения Fe, Cu, Zn, ЛООВ по БПК <sub>5</sub>
Тауй, с. Талон	СЗ водной среды	очень загрязненная	переходная от очень загрязненной к грязной	переходная от грязной к очень грязной	грязная	грязная
	КПЗ	соединения Cu, фенолы	соединения Cu и Zn, фенолы, N(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	соединения Cu, фенолы	нефтепродукты, соединения Cu	соединения Cu, нефтепродукты

**Таблица 3**

Пространственная изменчивость модулей притока растворенных химических веществ на замыкающие створы рек Дальнего Востока

Ингредиент	Модуль притока растворенных химических веществ, тонн/км <sup>2</sup> в год:											
	р. Камчатка		р. Авача		р. Паратунка		р. Амур		р. Раздольная		р. Гауй	
	диапазон колебания	средне-много-летний	диапазон колебания	средне-много-летний	диапазон колебания	средне-много-летний	диапазон колебания	средне-много-летний	диапазон колебания	средне-много-летний	диапазон колебания	средне-много-летний
Хлориды	1,45-2,78	2,18	3,18-5,45	4,29	3,82-9,88	6,12	0,380-2,42	0,953	0,787-7,55	2,09	0,526-2,18	1,07
Сульфаты	2,37-7,92	4,30	4,78-12,0	7,14	8,55-29,7	17,8	1,08-6,77	1,99	0,716-4,59	2,14	0,745-6,65	3,24
ЛООВ по БПК <sub>5</sub>	0,329-0,809	0,550	0,918-2,53	1,59	1,84-3,47	2,37	0,213-1,78	0,523	0,260-3,04	1,16	0,108-0,793	0,365
Азот аммонийный	0,006-0,036	0,020	0,009-0,170	0,069	0,018-0,146	0,067	0,034-0,493	0,111	0,044-0,761	0,182	0,047-0,594	0,277
Азот нитритный	н.о.-0,003	0,0007	0,0004-0,047	0,015	н.о.-0,030	0,009	0,0003-0,013	0,004	0,003-0,019	0,011	н.о.-0,002	0,00008
Азот нитратный	0,020-0,084	0,046	0,109-0,410	0,238	0,215-0,866	0,443	0,007-0,088	0,026	0,009-0,139	0,047	0,009-0,127	0,051
Фосфор фосфатный	0,017-0,053	0,030	0,005-0,044	0,023	0,008-0,078	0,027	0,003-0,023	0,010	0,006-0,110	0,027	н.о.-0,012	0,005
Кремнекислота	4,56-7,68	5,79	6,99-16,8	9,87	10,2-21,0	14,1	0,147-0,907	0,519	0,306-1,81	0,884	0,801-4,10	1,96
Фенолы	0,0001-0,025	0,002	0,001-0,007	0,003	0,002-0,021	0,006	0,0001-0,004	0,001	0,0003-0,004	0,001	н.о.-0,009	0,002
Нефтепродукты	н.о.-0,281	0,043	н.о.-0,299	0,044	н.о.-0,336	0,058	н.о.-0,031	0,009	0,005-0,039	0,018	н.о.-0,629	0,170
Соединения железа	н.о.-0,697	0,243	н.о.-0,482	0,163	н.о.-1,01	0,415	0,052-0,385	0,131	0,069-0,490	0,217	0,062-0,414	0,221
Соединения меди	н.о.-0,003	0,001	н.о.-0,008	0,003	н.о.-0,014	0,004	0,0004-0,016	0,004	0,0001-0,003	0,001	0,0009-0,009	0,003
Соединения цинка	н.о.-0,003	0,002	н.о.-0,010	0,005	0,004-0,046	0,012	0,0009-0,060	0,011			0,001-0,015	0,007

**Таблица 4**

Классификатор антропогенной нагрузки по модулю притока загрязняющих веществ [10]

Антропогенная нагрузка	Диапазоны максимальных значений модуля химического притока, т/км <sup>2</sup> в год		
	Азот аммонийный	ЛООВ по БПК <sub>5</sub>	Нефтепродукты
Малая	До 0,05	До 0,5	До 0,05
Умеренная	0,06-0,10	0,51-1,00	0,06-0,10
Критическая	0,11-0,20	1,1-1,5	0,11-0,30
Высокая	0,21-0,30	1,6-2,0	0,31-0,50
Очень высокая	0,31-0,60	2,1-3,0	0,6-1,0
Экстремальная	>0,6	>3,0	>1,0

• наибольшие значения модуля притока ЛООВ характерны для устьев рр. Паратунка и Авача, высокое среднемноголетнее значение модуля притока ЛООВ отмечено для устья р. Раздольная;

• наибольшие среднемноголетние значения модуля притока азота аммонийного характерны для устьев рр. Тауй и Амур, в то время как максимальный среднемноголетний модуль притока азота нитритного и нитратного свойственен устьям рр. Паратунка и Авача;

• для замыкающих створов рек полуострова Камчатка отмечены наибольшие значения модуля притока кремнекислоты и нефте-

родуктов. Что же касается соединений цинка и меди, то для этих рек значения модуля притока минимальны.

Сравнение результатов статистической обработки вариационных рядов значений модуля притока азота аммонийного, ЛООВ и нефтепродуктов с критериями предложенного авторами классификатора (табл. 4) позволило заключить, что устьевые области исследуемых рек испытывают антропогенную нагрузку по притоку (табл. 5):

• азота аммонийного от малой в устье р. Камчатка до переходной от очень высокой к экстремальной в устье р. Раздольная;

• ЛООВ – от умеренной в устье р. Камчатка до переходной от высокой к очень высокой в устье р. Авача;

• нефтепродуктов – от малой в устье р. Амур и р. Раздольная до переходной от высокой к очень высокой в устье р. Тауй.

### Заключение

**А**нализ многолетней режимной гидрохимической информации ГСН показал повышение степени загрязненности водной среды и существенные пространственные колебания в распределении загрязняющих веществ на замыкающих створах рек Дальнего Востока.

Показано, что устьевые участки исследуемых рек функционируют в условиях различ-

**Таблица 5**

Антропогенная нагрузка по модулю притока загрязняющих веществ на устьевые области рек Дальнего Востока

Река, пункт	Азот аммонийный		ЛООВ		Нефтепродукты	
	Диапазон максимальных значений	Нагрузка	Диапазон максимальных значений	Нагрузка	Диапазон максимальных значений	Нагрузка
Камчатка, г. Ключи	0,03-0,04	Малая	0,57-0,81	умеренная	0,17-0,28	Критическая
Авача, г. Елизово	0,14-0,17	Критическая	1,6-2,5	Переходная от высокой к очень высокой	0,23-0,30	Критическая
Амур, с. Богородское	0,12-0,17	Критическая	1,3-1,8	Переходная от критической к высокой	0,02-0,03	Малая
Раздольная, с. Тереховка	0,42-0,76	Переходная от очень высокой к экстремальной	2,0-3,0	Высокая	0,03-0,04	Малая
Тауй, с. Талон	0,38-0,59	Очень высокая	0,55-0,79	Умеренная	0,27-0,63	Переходная от высокой к очень высокой

ной антропогенной нагрузки. Наиболее высокая степень загрязненности характерна для устьевых участков рек Раздольная, Амур и Тауй (СЗ – «грязная»). Для остальных водотоков этот показатель варьирует от «слабо загрязненной» до «загрязненной».

Впервые выполнен расчет многолетней изменчивости притока растворенных химических веществ на замыкающие створы рек Дальнего Востока. Уровень антропогенной нагрузки значительно различается. По таким приоритетным загрязняющим веществам, как азот аммонийный, ЛООВ и нефтепродукты устьевые экосистемы испытывают антропогенную нагрузку от малой до высокой и даже экстремальной. Заметные их количества могут поступать на нижние участки рек Охотского и Японского морей, Тихого океана и оказывать негативное влияние на экологическое состояние прибрежных акваторий.

### Литература

1. Тищенко П.Я. Гидрохимические исследования эстуария река Раздольная – Амурский залив // В кн.: Состояние морских экосистем, находящихся под влиянием речного стока. Владивосток: Дальнаука, 2005. С. 53-58.
2. Гидрология морских устьев рек Дальнего Востока // Тр. ДВНИГМИ. 1989. Вып. 38. 183 с.
3. Коршун М.В. Экологические проблемы рек Амурской области / М.В. Коршун, И.С. Алексеенко // Материалы региональной научно-практической конференции: «Проблемы экологии и рационального использова-

**Ключевые слова:**  
устьевые области рек  
Дальнего Востока,  
степень  
загрязненности воды,  
приток растворенных  
химических веществ,  
антропогенная  
нагрузка

ния природных ресурсов Дальневосточного региона». Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2004. Т. 1. С. 155-158.

4. Водно-экологические проблемы бассейна реки Амур. Владивосток: ДВО РАН, 2003. 187 с.

5. Ежегодники качества поверхностных вод на территории деятельности Дальневосточного УГМС Росгидромета за 1985-2007 гг. Хабаровск, 1986-2008.

6. Ежегодники качества поверхностных вод на территории деятельности Приморского УГМС Росгидромета за 1985-2007 гг. Владивосток, 1986-2008.

7. Ежегодники качества поверхностных вод на территории деятельности Сахалинского УГМС Росгидромета за 1985-2007 гг. Южно-Сахалинск, 1986-2008.

8. РД. 52.24.643 – 2002. Методологические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям. СПб.: Гидрометеиздат. 2003. 49 с.

9. Брызгалов В.А. Сток растворенных веществ на замыкающих створах рек бассейнов арктических морей России. Многолетняя и сезонная изменчивость / В.А. Брызгалов, В.В. Иванов // Экологическая химия. СПб.: Издательство Теза, 2000. Т. 9. № 2. С. 76-89.

10. Никаноров А.М. Реки Российской Арктики в современных условиях антропогенного воздействия. / А.М. Никаноров, В.В. Иванов, В.А. Брызгалов. Ростов-на-Дону: Изд-во «НОК», 2007. 280 с.



A.M. Nikanorov, V.A. Brizgalo, L.S. Kosmenko, A.O. Danilenko

## ANTHROPOGENIC LOAD ON MOUTH AREA OF FAR EAST RIVERS

For the first time calculation of dissolved chemical inflow into rivers of the Far East has been carried out. Tendencies in fluctuations of water pollution as well as biogenic compound

contamination in mouth areas have been outlined. The level of anthropogenic load was shown to be quite different and mouth ecosystems are experiencing load ranging from low up to very extreme.

**Key words:** mouth areas of the Far East rivers, degree water pollution, inflow of the chemical substances, anthropogenic loading