

## ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ СРЕДНЕГО АМУРА

**В.П. Шестеркин**

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Ким Ю Чена 65,  
г. Хабаровск, 680000, Россия, E-mail: shesterkin@ivep.as.khb.ru*

Рассмотрен гидрохимический режим среднего Амура. Показано влияние хозяйственной деятельности на содержание растворенных веществ. Установлена приоритетная роль р. Сунгари в стоке минеральных форм азота и фосфора в р. Амур.

## HYDROCHEMICAL REGIME OF THE MIDDLE AMUR

**V.P. Shesterkin**

*Institute for Water and Ecological Problems, FEB RAS, 65 Kim Yu Chen Str.,  
Khabarovsk, 680000, Russia. E-mail: shesterkin@ivep.as.khb.ru*

Hydrochemical regime of the Middle Amur is considered. Economic activity influences on the amount of dissolved substances. The Songhua River plays major role in runoff of mineral forms of nitrogen and phosphorus in the Amur River.

Средний Амур – участок Амура от г. Благовещенск до г. Хабаровск длиной 980 км, химический состав вод которого в основном формируется водами верхнего Амура, рек Зeya, Бурeya и Сунгари. В китайской части бассейна среднего Амура проживает более 60 млн. человек, построены целлюлозно-бумажные и химические предприятия, ГЭС, освоены заболоченные земли равнины Саньцзян. Такие преобразования в Китае на фоне низкой численности населения (1,1 млн. человек) в российской части бассейна и слабом его освоении (исключение составляет гидроэнергетика) оказывают влияние на химический состав вод Амура – основного источника хозяйственно-питьевого водоснабжения городов Приамурья. Наиболее остро проблемы качества вод проявились в «химическом» запахе зимой 1996–2008 гг., риске загрязнения нефтепродуктами после катастрофического паводка на р. Сунгари в августе 1998 г. и нитробензолом после аварии в г. Цзилинь в декабре 2005 г. (Шестеркин и др., 2007).

Гидрохимическая изученность среднего Амура низкая. Опубликованные ранее материалы о химическом составе вод (Шестеркин, Шестеркина, 2003; Шестеркин, Шестеркина, 2009; Шестеркин, 2011, 2012) в последние годы дополнены новыми данными, которые позволяют получить более полную картину об их качестве.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования осуществлялись в 2012–2014 гг. в районе с. Амурзет и Ленинское на 3-х равномерно распределенных по ширине Амура вертикалях. Пробы воды отбирались с поверхности. Аналитические работы осуществлялись по принятым при гидрохимических работах методам (Руководящий..., 2009) в Межрегиональном центре экологического мониторинга гидроузлов (№ РОСС RU 0001 515988) при ИВЭП ДВО РАН. Для определения биогенных веществ и микроэлементов воду после отбора фильтровали через мембранные фильтры с размером пор 0.45 мкм, что позволяло изучать содержание растворен-

Таблица 1

Содержание растворенных веществ в водах р. Амур по ширине в 2011–2013 гг.

Часть реки*	Пункт	мг/дм <sup>3</sup>								мг N/дм <sup>3</sup>			мг P/дм <sup>3</sup>
		M	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
<i>Зимняя межень</i>													
Лев.	с. Амур-зет	33,0	1,5	0,9	4,4	1,7	20,7	0,7	2,0	0,23	0,17	0,002	<0,010
Ср.		33,5	1,5	0,9	4,4	1,7	20,7	0,7	2,9	0,26	0,19	0,002	<0,010
Прав.		35,9	1,5	0,9	5,2	1,8	22,0	0,7	2,9	0,26	0,20	0,006	<0,010
Лев.	с. Ленинское	38,5	2,0	1,0	5,4	1,8	23,2	0,7	3,8	0,23	0,19	0,005	<0,010
Ср.		104,4	8,3	1,8	13,2	4,0	53,3	5,5	14,1	0,61	0,70	0,005	0,022
Прав.		151,7	11,6	2,6	19,2	5,6	76,7	9,0	20,3	1,03	1,19	0,006	0,034
<i>Весеннее половодье</i>													
Лев.	с. Амур-зет	44,6	2,0	1,1	7,0	2,1	20,7	1,2	4,5	0,40	0,12	0,002	<0,010
Ср.		48,4	1,8	1,2	7,4	2,1	20,7	1,2	7,8	0,47	0,11	0,002	<0,010
Прав.		55,0	2,2	1,5	7,6	2,3	29,3	1,6	9,9	0,44	0,19	0,002	0,011
Лев.	с. Ленинское	51,9	2,7	1,3	7,1	2,2	28,9	1,4	7,5	0,38	0,06	0,002	<0,010
Ср.		71,9	4,8	1,6	9,8	3,0	36,0	3,2	11,1	0,27	0,45	0,012	0,016
Прав.		112,3	9,3	2,4	15,1	4,6	55,1	7,8	13,7	0,24	0,86	0,034	0,017
<i>Дождевые паводки</i>													
Лев.	с. Амур-зет	53,7	2,5	0,8	7,9	2,4	33,5	0,9	5,7	0,19	0,07	0,002	<0,010
Ср.		56,9	3,1	0,9	8,4	2,5	34,8	0,8	5,8	0,18	0,07	0,002	<0,010
Прав.		61,5	3,4	0,9	9,0	2,7	38,4	0,8	5,7	0,17	0,07	0,002	<0,010
Лев.	с. Ленинское	56,8	3,0	1,0	8,3	2,6	34,8	0,9	5,8	0,18	0,07	0,001	<0,010
Ср.		82,3	5,9	1,3	11,2	3,6	47,3	2,6	8,5	0,17	0,34	0,002	0,010
Прав.		123,6	10,1	2,3	17,1	5,2	66,6	5,9	13,7	0,11	0,82	0,002	0,039

Примечание. \* Лев. – левобережная часть, Ср – середина, Прав. – правобережная часть.

ных форм. В воде определялось содержание основных ионов, биогенных и органических (цветность, перманганатная окисляемость (ПО)) веществ, микроэлементов.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Трансформация химического состава амурских вод в зимнюю межень выше устья р. Сунгари обусловлена повышением доли стока зарегулированных рек Зея и Бурея в стоке Амура. В январе-феврале 2006–2009 гг. суммарные расходы воды этих рек ниже ГЭС в среднем составляли 1295 м<sup>3</sup>/с, то в 2012–2013 гг. – 1994 м<sup>3</sup>/с, т.е. возросли в 1,5 раза. Еще больше повысились они в 2014 г. (до 2298 м<sup>3</sup>/с) после исторического наводнения в 2013 г. Поступление ультрапресных вод Зеи и Буреи обусловили в водах среднего Амура на участке между г. Благовещенск и с. Нагибово (628 км) низкие концентрации главных ионов (табл. 1) и высокие – органических веществ (цветность до 68°, ПО – до 10 мг О/дм<sup>3</sup>) и железа (до 0,31 мг/дм<sup>3</sup>). Минерализация вод не превышала 35 мг/дм<sup>3</sup>, значения pH – 6,20.

Концентрации алюминия по ширине реки изменялись от 45,8 до 52,6 мкг/дм<sup>3</sup>, цинка – от 4,6 до 9,7 мкг/дм<sup>3</sup>, находились в пределах ранее наблюдаемых значений (Чудаева и др., 2011). Более высокое содержание меди до 23 мкг/дм<sup>3</sup>, значительно превышающее рыбохозяйственное значение ПДК, отмечалось на середине реки, могло быть обусловлено влиянием зарегулированных рек Зеи и Буреи. Содержание свинца, никеля, хрома, кадмия находилось ниже предела обнаружения (табл. 2).

Таблица 2

Содержание микроэлементов в воде Амура по ширине у с. Ленинское в 2013 г., мкг/дм<sup>3</sup>

Часть реки	Al	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	Cr	Cd	Hg
<i>Зимняя межень</i>										
Левобережная	48,9	25,2	310	6,1	<1,0	<1,0	16,1	<1,0	<1,0	<0,01
Середина	22,8	–	220	8,9	<1,0	<1,0	9,1	<1,0	<1,0	<0,01
Правобережная	<10	10,3	120	15,9	1,0	<1,0	11,1	<1,0	<1,0	<0,01
<i>Весеннее половодье</i>										
Левобережная	67,8	2,9	170	1,3	5,8	0,40	0,12	<1,0	<1,0	<0,01
Середина	46,8	2,4	80	1,0	<1,0	<1,0	10,9	<1,0	0,2	<0,01
Правобережная	23,7	3,8	30	<1,0	<1,0	<1,0	7,2	<1,0	<1,0	<0,01
<i>Дождевые паводки</i>										
Левобережная	40,2	2,1	190	6,8	<1,0	<1,0	23,4	<1,0	<1,0	<0,01
Середина	93,0	3,1	30	2,4	1,6	1,2	18,8	<1,0	<1,0	<0,01
Правобережная	58,4	2,7	6	0,8	2,0	<1,0	18,4	<1,0	<1,0	<0,01

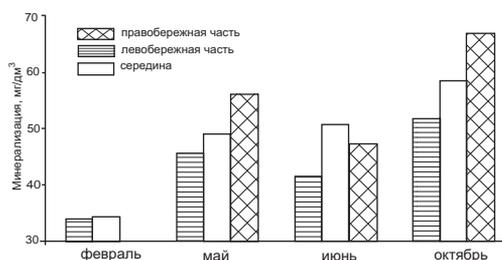


Рис. 1. Изменение минерализации вод р. Амур по ширине у с. Амурзет в 2013 г

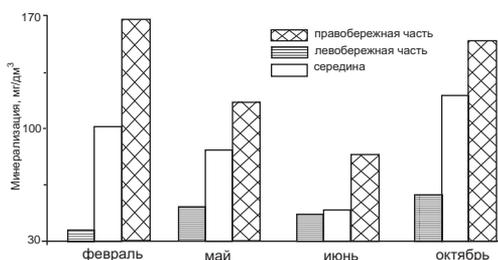


Рис. 2. Изменение минерализации вод р. Амур по ширине у с. Ленинское в 2013 г

Ниже впадения р. Сунгари минерализация вод Амура, как и ранее (Шестеркин, Шестеркина, 2003, 2009, 2012 и др.), возрастает. Однако, в отличие от прошлых лет, концентрации растворенных веществ по ширине реки изменялись в более широких пределах (табл. 1), при этом различия в значениях минерализации между левым и правым берегами превышали 100 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 1). Данная ситуация была обусловлена снижением содержания растворенных веществ в водах рек Зея и Буряя и повышением концентраций этих веществ в воде р. Сунгари из-за активизации хозяйственной деятельности в Китае. Наибольшие различия (> 130 мг/дм<sup>3</sup>) отмечались в многоводные зимы в 2012–2013 гг. Максимальное содержание аммонийного и нитратного азота (рис. 2) также наблюдалось у правого берега Амура (табл. 2). Изменения отмечались и в многолетней динамике содержания минеральных форм азота. По сравнению с 2006 г. содержание аммонийного азота в воде снизилось в среднем в 2,4 раза, а нитратного азота возросло в 1,5 раза. Низкое содержание нитритного азота и отсутствие «химического» запаха в водах Амура свидетельствовало об улучшении качества вод р. Сунгари.

Наибольшие концентрации железа, обусловленные влиянием рек Зея и Буряя, наблюдались в левобережной части Амура (0,24–0,31 мг/дм<sup>3</sup>). У правого берега значения составляли 0,10–0,12 мг/дм<sup>3</sup>, были на уровне ПДК (0,1 мг/дм<sup>3</sup>). Содержание остальных микроэлементов по ширине реки также распределялось неравномерно. Максимальные концентрации алюминия, меди и цинка отмечались в левобережной части реки, марганца – правобережной (табл. 2).

Ниже впадения р. Сунгари минерализация вод Амура зимой возрастает в среднем в 2,5 раза, концентрации сульфатных и хлоридных ионов – в 4,3 и 5 раза, соответственно,

нитратного и аммонийного азота – в 1,6 и 2,7 раза. Цветность воды снижается в 1,3 раза, содержание железа – в 1,2 раза.

Большие изменения произошли в химическом составе вод среднего Амура в период открытого русла из-за снижения доли стока зарегулированных рек Зeya и Бурeya в стоке среднего Амура. До сооружения ГЭС среднемноголетний сток р. Бурeya у с. Каменка в мае 1911–1962 гг. составлял в среднем 1730 м<sup>3</sup>/с, после окончания строительства в мае 2011–2013 гг. – 674 м<sup>3</sup>/с, т.е. снизился в 2,6 раза. Воды Амура до зарегулирования р. Бурeya выше устья р. Сунгари весной характеризовались высокими цветностью (125–190°) и значениями ПО (23,9–27,2 мг О/дм<sup>3</sup>), повышенным содержанием аммонийного азота и низкой минерализацией. После зарегулирования Бурей минерализация амурской воды в 2011–2013 гг. весной в среднем составила 50 мг/дм<sup>3</sup>, т.е. выросла на 10–15 мг/дм<sup>3</sup>. Среди основных ионов наибольшее увеличение отмечалось для содержания сульфатов. Снизились цветность вод (60–70°) и значения ПО (12–16 мг О/дм<sup>3</sup>), содержание аммонийного азота (Шестеркин, 2012).

Среди микроэлементов выделялись повышенные концентрации алюминия (69–76 мкг/дм<sup>3</sup>) и цинка (17,9–21,3 мкг/дм<sup>3</sup>). Содержание меди не превышало 5,2 мкг/дм<sup>3</sup>, марганца – 2,2 мкг/дм<sup>3</sup>. По ширине Амура микроэлементы распределялись относительно равномерно (табл. 2). Никель, свинец и др., также как и зимой, находились ниже порога обнаружения.

Значительное влияние на химический состав вод Амура во время половодья оказывает р. Сунгари, воды которой характеризуются слабощелочной реакцией рН (7,65), повышенным содержанием нитратного азота и фосфора, загрязнением нитритным азотом в отдельные годы (до 2 ПДК). Поэтому ниже устья р. Сунгари, также как и зимой, максимальные значения минерализации (рис. 1), концентрации главных ионов, нитритного и нитратного азота в амурской воде отмечались у правого берега (табл.1), цветность воды (170–130°) и содержание железа (до 0,21 мг/дм<sup>3</sup>) – у левого. Наибольшие за наблюдаемый период концентрации фосфора и нитратного азота (до 1,58 мг N/дм<sup>3</sup>), загрязнение нитритным азотом (до 2 ПДК) отмечались в многоводном 2013 г., когда большие площади сельскохозяйственных угодий в Китае весной оказались под водой. Минерализация вод Амура у Хабаровска в 2011–2013 гг. в среднем составила 50 мг/дм<sup>3</sup>, т.е. была в 1,6 раза ниже, чем зимой.

Микроэлементы по ширине Амура в это время распределялись неравномерно. Максимальные концентрации алюминия и марганца отмечались в левобережной части реки, меди – в правобережной части, цинка – на середине (табл. 2). Концентрации остальных веществ в воде находились ниже предела обнаружения.

Дождевые паводки являются характерной особенностью бассейна Амура, имеют частую повторяемость, затопливают большие территории. Их формирование обусловлено выходом в июле-сентябре южных циклонов и тайфунов, несущих много влаги. В бассейне Амура паводки формируются в бассейнах крупных притоков, за исключением зарегулированной р. Бурeya, меньше р. Зeya (в июле 2007 г. наибольший приток воды составил 15 200 м<sup>3</sup>/с, сбросы через плотину – 4 700 м<sup>3</sup>/с).

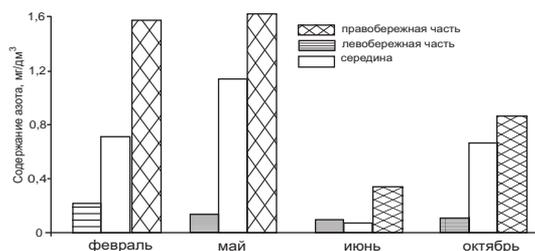


Рис. 3. Изменение содержания нитратного азота в водах р. Амур по ширине у с. Ленинское в 2013 г.

Во время небольшого паводка в августе 2011 г. на участке Амура между устьями рек Зeya и Сунгари были зафиксированы небольшие различия в минерализации вод (53,1–63,2 мг/дм<sup>3</sup>), низкое содержание аммонийного (0,16–0,28 мг N/дм<sup>3</sup>) и нитратного азота (0,03–0,11 мг N/дм<sup>3</sup>), железа (0,07–0,13 мг/дм<sup>3</sup>). Ниже устья р. Сунгари минерализация вод правобережной части Амура возрастала до 105 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 3), а среднее

значение достигало  $75 \text{ мг/дм}^3$ . Среди биогенных веществ наибольшие различия по ширине реки отмечались в содержании нитратного азота: в левобережной части составляло  $0,08 \text{ мг N/дм}^3$ , правобережной части –  $1,04 \text{ мг N/дм}^3$ .

Историческое наводнение в 2013 г. сформировалось в результате интенсивных ливневых дождей в июле-августе на верхнем и среднем Амуре. Особенностью наводнения явилось последовательное наложение паводков на реках Зея, Сунгари и Уссури при смещении вниз по течению основной волны амурского паводка. Уровни воды ниже с. Нагибово стали историческими, превысив максимумы прошлых лет на 40–144 см. В районе с. Ленинское пойма Амура оставалась под водой с 8 июля по 10 октября, ширина разлива достигала 20–30 км. Наибольший уровень воды данным Росгидромета составил 935 см, на 109 см превысил максимум 1984 года.

Наблюдения на спаде паводка в районе с. Амурзет свидетельствовали о более высоком содержании растворенных веществ в амурской воде, крайне неравномерном их распределении по ширине реки. Максимальные концентрации основных ионов, за исключением хлоридов, из-за влияния вод верхнего Амура находились у правого берега.

Содержание микроэлементов по ширине Амура распределялось относительно равномерно. Среди них отмечались повышенные концентрации цинка, которые были в 2 раза выше, чем зимой.

Ниже впадения р. Сунгари различия в содержании растворенных веществ были выше из-за выноса с затопленных сельскохозяйственных угодий. Минерализация вод правобережной части Амура была выше, чем левобережной в 2,7 раза, содержание хлоридного и сульфатного ионов – 6,8 и 2,8 раза, соответственно, аммонийного и нитратного азота – в 10,7 и 2,6 раза. В левобережной части Амура продолжали оставаться более высокими концентрации органического вещества и железа.

Максимальные концентрации цинка и марганца отмечались в левобережной части Амура. Различия в содержании остальных микроэлементов по ширине реки были небольшими (табл. 2).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основное влияние на гидрохимический режим вод среднего Амура на современном этапе оказывают гидроэнергетическое строительство в российской части и активизация хозяйственной деятельности в китайской части бассейна Амура.

Зарегулирование рек Зея и Буря снизило минерализацию и содержание основных ионов, повысило содержание органических веществ зимой в амурской воде на участке между устьями рек Зея и Сунгари.

Развитие промышленности и сельского хозяйства в бассейне р. Сунгари является основным фактором загрязнения его вод зимой аммонийным, весной – нитритным азотом, повышенного содержания нитратного азота и фосфора. Снижение содержания аммонийного азота зимой 2011–2014 гг. свидетельствует об определенном улучшении качества воды р. Сунгари.

Наибольшее поступление фосфора и минеральных форм азота в Амур отмечено во время сформированных в бассейне р. Сунгари паводков.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта ДВО № 14-III-Д-09-049 «Гидрохимические исследования на среднем Амуре». Автор выражает благодарность сотрудникам ДВ УГМС за отбор проб воды на пограничных участках Амура.

### ЛИТЕРАТУРА

**Руководящий документ. 2009.** Федеральный перечень методик выполнения измерений, допущенных к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей природной среды РД 52.18.595–96 (в ред. Изменения № 1 и № 2).

- Чудаева В.А., Шестеркин В.П., Чудаев О.В. 2011.** Микроэлементы в поверхностных водах бассейна реки Амур // Водные ресурсы. № 5. С. 606–617.
- Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. 2003.** Роль реки Сунгари в формировании химического состава воды Среднего Амура в зимнюю межень // Биогеохимические и гидроэкологические оценки наземных и пресноводных экосистем. Вып. 13. Владивосток: Дальнаука, С. 106–120.
- Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М., Форина Ю.А., Ри Т.Д. 2007.** Трансграничное загрязнение Амура в зимнюю межень 2005–2006 гг. // География и природные ресурсы. № 2. С. 40–44.
- Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. 2009.** Особенности качества воды р. Сунгари // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. № 1. С 50–53.
- Шестеркин В.П. 2011.** Антропогенные факторы формирования качества речных вод Приамурья // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 5. Владивосток: Дальнаука. С. 589–595.
- Шестеркин В.П. 2012.** Трансформация качества воды Среднего Амура в зимнюю межень // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии. Труды всерос. науч. конф. с международным участием. Барнаул: ИВЭП СО РАН, Т. 2. С. 249–252
- Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. 2012.** Пространственная и сезонная изменчивость химического состава воды Среднего Амура // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. № 5. С. 18–28.