

УДК 551.482.214

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ИОННОГО СТОКА р. АМУР В ЗИМНЮЮ МЕЖЕНЬ У г. ХАБАРОВСКА И ТЕНДЕНЦИИ ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ

© 2019 г. Н. М. Шестеркина¹, В. П. Шестеркин^{1,*}

¹Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Россия 680000 Хабаровск

*e-mail: shesterkin@ivep.as.khb.ru

Поступила в редакцию 05.07.2017 г.

Принята к печати 29.09.2017 г.

Рассмотрена многолетняя динамика ионного стока р. Амур у г. Хабаровска в зимнюю межень. Дана гидрологическая и гидрохимическая характеристика основных притоков. Отмечена пространственная неоднородность распределения минерализации по длине и ширине Амура. Установлено влияние крупных наводнений на зимний сток растворенных веществ. Показан повышающий тренд ионного стока в зимнюю межень в многолетнем аспекте, обусловленный гидроэнергетическим строительством.

Ключевые слова: средний Амур, ионный сток, гидроэнергетическое строительство.

DOI: 10.31857/S0321-0596462225-231

Ионный сток – важнейшая геохимическая характеристика территории, зависящая от многих факторов: состава почв и пород, климата, условий питания и режима водного стока, хозяйственной деятельности и др. [1].

В воде среднего Амура, участка реки между городами Благовещенск и Хабаровск, ионный сток в основном формируется водами верхнего Амура и рек Зея, Бурея, Сунгари и Уссури, водосборы которых существенно различаются по составу почв и подстилающих пород, по степени хозяйственного освоения. Экономические преобразования в бассейне среднего Амура за последние 60 лет значительно изменили водный и гидрохимический режим одной из крупнейших рек мира. На его притоках созданы крупнейшее Зейское водохранилище, большие Бурейское и Сунхуху, а также большое количество крупных и средних водохранилищ (Байшань, Ланхуа, Шихугуа и др.). Суммарный объем воды в искусственных водоемах бассейна Амура в настоящее время превышает 1/3 его годового стока. В марте 2017 г. начато заполнение Нижне-Бурейского водохранилища. После исторического наводнения на р. Амур в 2013 г. стало реальным сооружение Нижне-Зейской, Гилюйской и Усть-Ниманской ГЭС.

В интенсивно развивающейся китайской части бассейна среднего Амура построены целлю-

лозно-бумажные, химические и нефтеперерабатывающие предприятия, освоены заболоченные земли равнины Саньзян, существенно возросло использование минеральных удобрений на полях. Численность населения только в провинции Хэйлуцзян с 1978 по 2000 г. возросла с 31.3 до 38.1 млн человек [2]. Огромные экономические преобразования в Китае на фоне низкой численности населения в Забайкальском крае, Амурской и Еврейской АО (~2.0 млн чел.) и слабого хозяйственного освоения их территорий не могли не оказать влияния на формирование стока растворенных веществ.

Гидрологическая и гидрохимическая изученность среднего Амура низкая. На его пограничных участках расходы не измеряются, пробы воды отбираются в левобережной (российской) части Амура у с. Черняево и у г. Благовещенска, что недостаточно для такого протяженного участка реки. Отсутствуют наблюдения на пограничных участках р. Уссури. В большинстве публикаций дается информация о годовом стоке растворенных веществ [1, 5]. Опубликованные ранее авторами статьи материалы по стоку растворенных веществ Амура в зимнюю межень [16] дополнены новыми данными, которые позволяют получить более полную картину в связи с изменившимися условиями в бассейне.

Цель настоящего исследования – изучение динамики стока растворенных веществ в р. Амур в зимнюю межень в многолетнем аспекте и ее изменение в связи со значительными преобразованиями в бассейне.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Гидрохимические исследования на р. Амур проводились в 1996–2017 гг. у г. Хабаровска, где площадь водосбора составляет 1630 тыс. км² (87.9% общей площади бассейна). Выбор этого участка реки обусловлен его наибольшей гидрологической и гидрохимической изученностью. Пробы воды отбирались с поверхности на пяти–шести равномерно распределенных по ширине реки станциях 2 раза в месяц в декабре–марте. На пограничных участках р. Амур в районах сел Амурзет и Нижнеленинского, а также р. Уссури выше с. Казакевичево наблюдения проводились в феврале–марте 2008, 2013–2017 гг. на трех равномерно распределенных по ширине реки от российского до китайского берега станциях. На левых притоках р. Амур исследования проводились на р. Бурея в 2003–2008 и 2012–2013 гг. у пос. Новобурейского, на р. Зее у г. Благовещенска – эпизодически. По р. Сунгари приведены результаты гидрохимических исследований, полученные в рамках российско-китайского мониторинга в зимнюю межень 2005–2006 гг. [10, 15]. Схема района работ представлена на рис. 1. Химический анализ проб проводили по общепринятым при гидрохимических исследованиях методикам в ЦКП “Межрегиональный центр экологического мониторинга гидроузлов” при ИВЭП ДВО РАН [8].



Рис. 1. Картограмма района исследований.

Использовались также данные гидрологических наблюдений Росгидромета (1890–1988, 2012–2014 гг.), Центра гидрометеорологических наблюдений провинции Хэйлунцзян (1898–1987 гг.) и Амурского бассейнового водохозяйственного управления Агентства водных ресурсов (2003–2015 гг.).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Гидрологическая и гидрохимическая характеристика основных притоков Амура в зимнюю межень

Суровые климатические условия Забайкалья вызывают промерзание большинства малых рек в бассейне верхнего Амура. В отдельные годы расходы воды в марте не превышали 20 м³/с, поэтому данный участок Амура в зимнюю межень характеризуется наименьшей водностью (табл. 1). По данным Росгидромета, в 1961–1983 гг. минерализация вод Амура в районе с. Черняево (Кумара) варьировала в пределах 142.7–313.0 мг/дм³, среднее значение составило 216.1 мг/дм³ [11]. Вниз по течению минерализация воды снижается, что, вероятно, обусловлено разбавлением его русловых вод менее минерализованными водами рек Амазар, Большой Невер, возможно Амурхэ и Хумахэ, дренирующих склоны хребта Большой Хинган. Среднемноголетнее значение минерализации воды р. Амур у г. Благовещенска в 1964–1982 гг. составляло 185.0 мг/дм³, в марте 1998 г. – 198.5 мг/дм³.

Отсутствие больших экономических преобразований в бассейне верхнего Амура определяет незначительную изменчивость минерализации его вод в многолетнем аспекте. Об этом свидетельствуют небольшие различия ее максимальных значений в 1964–1982 и 2005–2009 гг. [5].

В бассейне среднего Амура распространены, главным образом, горно-таежные подзолистые, дерново-подзолистые и горно-лесные серые почвы. Под этими почвами на водоразделах и при водораздельных участках залегают породы, обладающие незначительной инфильтрационной способностью по сравнению с грунтами речных долин. Поймы рек обладают большой аккумулярующей способностью, но сложены они хорошо промытыми породами, поэтому аллювиальные воды здесь мало минерализованы.

Низкая минерализация воды левых притоков Амура – рек Зее и Бурея (площадь водосборов – 233 и 70.7 тыс. км², длина – 1242 и 739 км соответственно) обусловлена незначительным

Таблица 1. Динамика среднемноголетних зимних расходов воды р. Амур и ее основных притоков, м³/с (прочерк – отсутствие данных)

Река–пункт	1890–1937	1945–1975	1979–1987	2008–2009	2012–2013	2013–2014	2014–2015
Верхний Амур – Кумара	99.5	104.9	–	–	–	–	–
Зeya – с. Белогорье	–	129.2*	768.6	786.0**	1297.0**	1404.8**	674.3**
Бурea – с. Каменка	49.6	38.1	43.6	583.0	681.5	756.5	596.8
Сунгари – г. Харбин	185.8	465.9	384.3	–	–	–	–
Амур – г. Хабаровск	956.9	1258.6	1350.0	–	2937.5	3627.5	–

* Данные 1953–1975 гг.

** г. Зeya.

количеством минеральных веществ, поступающих из гранитоидных пород и с заболоченных водосборов этих рек. Кроме этого, зимой питание рек грунтовыми водами затрудняется глубоким сезонным промерзанием, которое в верхнем и среднем течении достигает верхней границы многолетней мерзлоты.

Гидрохимические исследования, проведенные на реках Зeya и Бурea, позволили сделать вывод о том, что качество их вод на современном этапе определяется, главным образом, природными факторами. По химическим показателям их можно отнести ко второму–третьему классам качества вод, характеризующимся как чистые и умеренно загрязненные [3, 13]. Минерализация воды рек Зeya и Бурea в зимнюю межень 1950–1975 гг. в среднем составляла 66.5 и 61.9 мг/дм³ соответственно. С появлением больших по объему Зейского (68.4 км³) и Бурейского (22.5 км³) водохранилищ существенно изменился гидрологический режим этих рек: в зимнюю межень водность возросла на порядок (табл. 1). В результате регулирующего действия водохранилищ минерализация воды снизилась в 2 раза и мало отличалась от значений в период открытого русла. Незначительные вариации минерализации воды в р. Зее в 2007–2008 и 2013 гг. [3, 12] и в р. Бурее в 2008 и 2012–2013 гг. [13] свидетельствуют о ее стабилизации. С увеличением расходов воды значительно вырос ионный сток. В воде р. Бурей сток растворенных веществ в 2008 г. в среднем составил 995 т/сут, что в 4.5 раза выше, чем до зарегулирования. В многоводную зимнюю межень 2013–2014 гг. превышение составило 8.5 раз [13].

Река Уссури (площадь водосбора 193 тыс. км², длина 897 км) – крупный трансграничный правобережный приток Амура. По обеим сторонам границы в настоящее время происходит активизация хозяйственной деятельности. На территории китайской части бассейна приоритетными отраслями экономики стали сельское хозяйство

и добыча угля [19]. В российской части территории бассейна Уссури на фоне снижения объемов промышленного и сельскохозяйственного производства активно развивается газо- и нефтепроводная отрасль. Исследования, проведенные в российской части бассейна в 2008–2015 гг., свидетельствуют об улучшении качества воды из-за спада производства и снижения объемов применяемых удобрений. Антропогенное загрязнение отмечается в нижнем течении левобережной части реки, что свидетельствует о преимущественном поступлении растворенных веществ с китайской части бассейна [4]. Минерализация воды в эти годы зимой в среднем составила 99.8 мг/дм³. Повышенная минерализация отмечалась в 2013 г. (108.5 мг/дм³) и в 2014 г. (118.2 мг/дм³), что могло быть обусловлено гидрологической обстановкой на водосборе. В 2015 г. содержание растворенных веществ в воде р. Уссури (93.6 мг/дм³) было близко к среднемноголетнему значению.

Сунгари – самый крупный приток среднего Амура, ее бассейн составляет 29% всей площади бассейна Амура и полностью располагается на территории Китая, провинций Цзилинь и Хэйлунцзян с численностью населения до 64 млн человек и с интенсивно развивающимися отраслями производства и сельским хозяйством. Исследования, проведенные в рамках российско-китайского мониторинга в зимнюю межень 2005–2006 гг., позволили сделать вывод о значительном загрязнении воды р. Сунгари соединениями азота и о повышенной ее минерализации на всем протяжении от г. Харбин до г. Тунцзян (до 197.8 мг/дм³) [10, 15].

*Многолетняя динамика стока
растворенных веществ в зимнюю межень
у г. Хабаровска*

В 1890–1937 гг. зимний водный сток р. Амур формировался под значительным влиянием стока р. Сунгари (табл. 1). Средние за зимнюю межень расходы воды Сунгари у г. Харбин в этот

Таблица 2. Среднегодовое характеристики водного и ионного стока р. Амур у Хабаровска в зимнюю межень (1 – 1950–1967 гг., число проб 36; 2 – 1997–2014 гг., число проб 485)

Показатели	Расход, м ³ /с		Минерализация, мг/дм ³		Ионный сток, т/сут	
	1	2	1	2	1	2
Среднее	1344	2028	123.5	96.7	13131	17091
Стандартное отклонение	586	643	16.1	14.4	7305	6396
Максимальное	3130	4060	161.1	147.0	32849	38306
Минимальное	484	974	94.3	68.2	5035	8348

период варьировали в пределах 16–447 м³/с. Расходы воды р. Амур у Хабаровска были в пределах 308–1944 м³/с. С появлением в 1937 г. на р. Сунгари водохранилища Сунхуаху расходы воды возросли и у г. Харбин в 1945–1975 гг. варьировали в пределах 211–675 м³/с. Сток р. Сунгари стал преобладающим в стоке среднего Амура.

Создание Зейского (1975 г.) и Бурейского (2003 г.) водохранилищ вызвало значительные изменения гидрологического и гидрохимического режима р. Амур (табл. 2). Зарегулирование стока рек Зeya и Бурей привело к внутригодовому перераспределению стока р. Амур. В результате регулирующего действия водохранилищ уменьшилась доля стока воды в период весеннего половодья и повысились водность и доля ультрапресных вод рек Зeya и Бурей в зимнюю межень в стоке Амура. По расчетам, доля трансформированного гидроузлами стока будет наиболее велика в стоке Амура в меженный период (от 70 до 78% ниже устья Зeya и от 81 до 86% ниже устья Бурей). В приустьевой области р. Амур у с. Богородского доля составит 40–54% [17].

По данным многолетних наблюдений, в естественных условиях для рек бассейна Амура существовала устойчивая связь между химическим составом и расходами воды, близкая к кривой “бесконечного” или “идеального” разбавления [6, 9]. После зарегулирования стока эта связь, как правило, снижается. В отдельных случаях это снижение столь существенно, что вообще нельзя говорить о существовании связи [7]. Связь водного стока р. Амур (г. Хабаровск) с минерализацией в зимнюю межень в 1950–1974 гг. оценивалась коэффициентом корреляции $r = 0.55$, в 1975–1984 гг. корреляция снизилась: $r = 0.28$.

Таблица 3. Среднегодовое характеристики водного и ионного стока р. Амур у Хабаровска в зимнюю межень до и после пуска Бурейской ГЭС

Период	Расход, м ³ /с	Минерализация, мг/дм ³	Ионный сток, т/сут
1997–2003 гг.	1855	105.4	16993
2004–2014 гг.	2190	90.1	17184

На современном этапе (1997–2014 гг.) изменившиеся условия формирования речного стока определяют отсутствие значимой связи.

Повышение водного стока Амура в зимнюю межень за счет увеличения в стоке доли зейских и бурейских вод обусловило изменение режима и количества выносимых растворенных веществ.

Определяющий фактор изменения стока растворенных веществ – изменение водности Амура в зимнюю межень. Для того чтобы проследить произошедшие изменения, проанализированы данные по солевому составу и расходам воды р. Амур и основных притоков. Выделены периоды: до зарегулирования рек Зeya и Бурей и ввода в эксплуатацию Зейского и Бурейского водохранилищ (1950–1967 гг.), по данным Росгидромета; современное гидрохимическое состояние (1997–2017 гг.), по материалам собственных наблюдений авторов. Рассматриваемые периоды характеризуются последовательным увеличением водного стока и снижением величины минерализации (табл. 2).

Во втором периоде можно выделить средние значения указанных характеристик до (1997–2003 гг.) и после (2004–2014 гг.) пуска Бурейской ГЭС (табл. 3).

В результате гидротехнического строительства в российской части бассейна Амура зимний водный сток увеличился в 1.5 раза, выросли величины максимальных и минимальных расходов воды, причем минимальные расходы наиболее существенно – в 2 раза. Повышение в меженном стоке р. Амур доли слабоминерализованных зейских и бурейских вод привело к снижению величины минерализации с 123.5 до

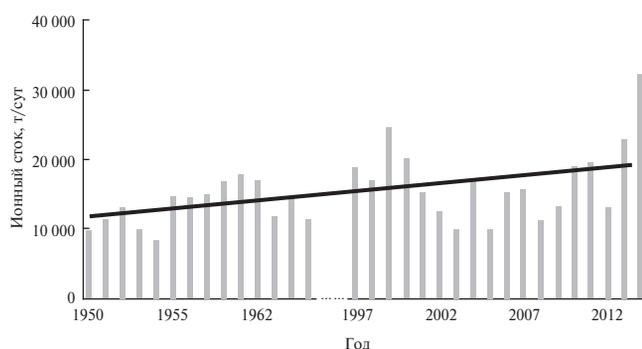


Рис. 2. Изменение ионного стока р. Амур у Хабаровска в зимнюю межень 1950–1967 и 1997–2014 гг.

96.7 мг/дм³ в среднем, до 105.4 мг/дм³ до зарегулирования р. Буреи и до 90.1 мг/дм³ после пуска Бурейской ГЭС (табл. 3). Несмотря на снижение содержания растворенных веществ, ионный сток в зимнюю межень вырос в среднем с 13131 (1950–1967 гг.) до 17091 т/сут (1997–2014 гг.) за счет повышения расходов воды (рис. 2).

Большое влияние на динамику зимнего стока растворенных веществ оказывают крупные наводнения в бассейне Амура. Если паводок формируется одновременно в двух–трех очагах, он становится катастрофическим. Анализ гидрологической информации за многолетний период (1950–2014 гг.) свидетельствует о повышенной водности Амура в зимнюю межень после крупных наводнений (1958, 1959, 1998, 2013 гг.).

В 1956–1960 гг. повышенные расходы воды (средние значения 1564–1805, максимальное — до 3130 м³/с в декабре) обусловили увеличение стока растворенных веществ (рис. 2).

Во время настоящих исследований высокий сток растворенных веществ отмечался в зимнюю межень 1999 г. (в среднем 24 520 т/сут). Повышение минерализации (до 130.0 мг/дм³ в среднем и 147.1 мг/дм³ — максимальное значение в декабре) и расходов воды (до 2 173 и 3 200 м³/с соответственно) обусловило увеличение стока. Аномальные, редкой повторяемости паводки, сформированные в бассейне р. Сунгари в августе 1998 г., когда было затоплено 4 560 000 га сельскохозяйственных земель, 778 городов и 6 486 сел, вызвали повышение расходов воды и дополнительное поступление растворенных веществ [18].

Максимальным за период наблюдений сток растворенных веществ был в зимнюю межень 2013–2014 гг. (в среднем 31 122 т/сут) после исторического (впервые за 115 лет наблюдений) наводнения летом 2013 г., обусловленного последовательным участием и наложением паводков на

основных притоках (Зея, Бурея, Сунгари, Уссури). Средний за зимнюю межень расход воды составил 3627 м³/с, минерализация — 99.3 мг/дм³, сток растворенных веществ был в 1.3 раза выше, чем в 1999 г. В отличие от 1998 г., во время исторического наводнения в 2013 г. под водой оказались территории не только России, но и Китая.

Основным фактором повышенной водности Амура в зимнюю межень 2013–2014 гг. были сбросы воды Зейской и Бурейской ГЭС, которые составляли в среднем 2161 м³/с и стали максимальными за весь период эксплуатации ГЭС. Большое влияние на водность Амура также могли оказать запасы влаги в почве (по данным Росгидромета, в пахотном слое сельхозугодий российской части бассейна в начале зимы они были на 20–30% выше нормы).

Минимальный ионный сток в 2003 и 2005 гг. соответствовал низким зимним расходам воды (рис. 2, 3).

Для пространственного распределения содержания растворенных веществ в воде среднего Амура характерно резкое снижение минерализации ниже г. Благовещенска за счет поступления ультрапресных вод рек Зея и Бурея и относительно равномерного их распределения по ширине у с. Амурзет. За период наблюдений минерализация воды у с. Амурзет варьировала в пределах 33.2–50.1 мг/дм³ (среднее значение 39.3 мг/дм³), повышение содержания растворенных веществ отмечалось по всей ширине Амура после наводнения в 2014 г., в остальные годы незначительное повышение наблюдалось у правого берега.

Ниже устья р. Сунгари (с. Нижнеленинское) минерализация воды в Амура возрастает до 100 мг/дм³ (среднее значение), появляется резкая пространственная неоднородность распределения по ширине реки. В 2011–2017 гг. минерализация варьировала у левого берега в пределах 36.5–45.6, на фарватере — 98.3–116.5,

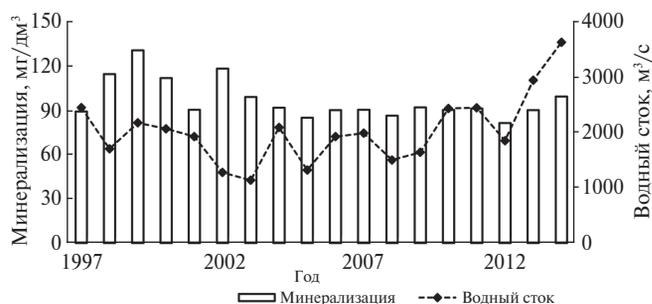


Рис. 3. Динамика минерализации и водного стока р. Амур у Хабаровска зимой в 1997–2014 гг.

у правого берега – 112–176 мг/дм³. Коэффициент контрастности минерализации у левого и правого берегов менялся от 2.6 до 4.7. Соотношение расходов воды левобережных притоков и р. Сунгари определяет неоднородность распределения и колебание содержания растворенных веществ по поперечному профилю р. Амур у с. Нижнеленинского, поскольку горизонтальное перемешивание в реках происходит медленнее вертикального. Ледовый покров существенно ослабляет поперечное перемешивание, интенсивность которого зимой значительно меньше, чем летом. Наибольшая контрастность концентраций отмечается для литогенных ионов антропогенного генезиса. Превышение концентраций ионов натрия у правого берега составляло 4.1–7.4; сульфат-ионов – 2.7–7.8; хлорид-ионов – 7.4–15 раз. Повышенным у китайского берега был сток минеральных форм азота. В марте 2006 г. содержание нитритного азота у китайского берега было в 100 раз, нитратного – в 5.5 раз выше российского. В 2008 г. превышение содержания нитратного азота составило 9.8, в 2011 и 2012 гг. – 5.3 раза [14].

Неоднородность распределения содержания растворенных веществ по ширине Амура сохраняется и у Хабаровска, но с меньшей контрастностью. Распределение минерализации определяется составляющими стока Амура у Хабаровска: р. Усури у правого берега, р. Сунгари на фарватере и рек Зея и Буряя – у левого берега (рис. 4). Средняя за период наблюдений величина минерализации у правого берега (350 м) составила 95.8, на фарватере (500–700 м) – 102.7, у левого берега (900–1100 м) – 82.2 мг/дм³. В течение периода ле-

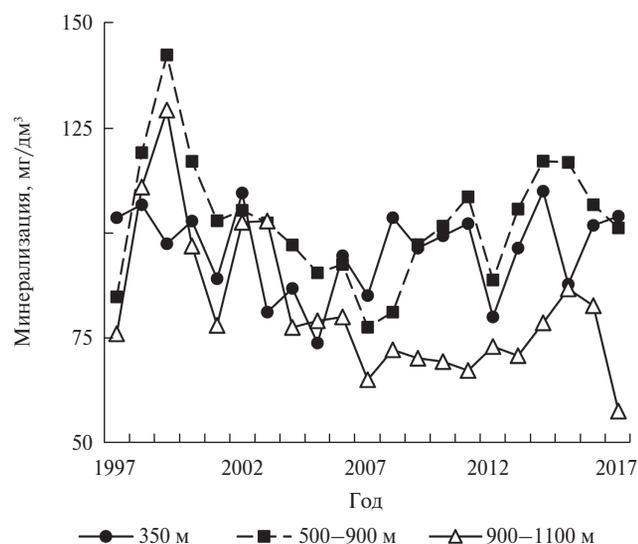


Рис. 4. Распределение минерализации по ширине р. Амур у Хабаровска зимой в 1997–2017 гг.

доставка минерализация воды у правого берега постепенно повышается. В зимнюю межень 2016 г. при среднем значении 101.8 мг/дм³ она повысилась от 86.8 мг/дм³ в декабре до 111.6 мг/дм³ в марте. На середине реки и у левого берега минерализация воды в среднем составила 106.7 и 82.7 мг/дм³ соответственно. Максимальные значения в этом случае отмечались в декабре – 113.1 и 92.8 мг/дм³ соответственно и снижались к концу ледостава в марте до 95.2 мг/дм³ на середине и до 78.3 мг/дм³ у левого берега. Постепенное повышение минерализации в течение периода ледостава у правого берега определяется снижением расходов воды р. Усури и концентрированием за счет льдообразования. На середине р. Амур и у левого берега эта закономерность нарушается, что обусловлено колебанием расходов воды зарегулированных рек Сунгари, Зея и Буряя. В многолетнем аспекте наибольшая межгодовая амплитуда колебания содержания растворенных веществ в воде отмечается у правого берега и в середине, у левого берега после пуска Бурейской ГЭС колебания минерализации незначительны (рис. 4).

Распределение содержания растворенных веществ по ширине Амура выравнивается на замыкающем створе у с. Богородского. В зимнюю межень 2006, 2008 гг. средняя величина минерализации воды у с. Богородского составляла 87.3 и 85.1 мг/дм³ соответственно и по ширине реки распределялась равномерно.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования показали повышающийся тренд ионного стока в воде среднего Амура в зимнюю межень в многолетнем аспекте, обусловленный гидроэнергетическим строительством в бассейне. Большое влияние на динамику меженного зимнего стока оказывают крупные наводнения в бассейне Амура, обуславливающие повышение водности и вынос растворенных веществ. Максимальный ионный сток (31122 т/сут) отмечался в зимнюю межень 2013–2014 гг., минимальный (9683 т/сут) – в 2005 г. Неоднородность распределения содержания растворенных веществ по ширине среднего Амура проявляется ниже устья р. Сунгари, сохраняется у Хабаровска и обусловлена химическим составом и расходами воды основных притоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алевин О.А., Бражникова Л.В. Сток растворенных веществ с территории СССР. М.: Наука, 1964. 206 с.

2. Ганзей С.С. Трансграничные геосистемы юга Дальнего Востока России и Северо-Востока КНР. Владивосток: Дальнаука, 2004. 231 с.
3. Гаретова Л.А., Сиротский С.Е., Шестеркина Н.М., Таловская В.С., Каретникова Е.А., Ри Т.Д. Условия формирования и качество воды р. Зея и ее притоков в пределах зоны строительства Нижне-Зейской ГЭС // Вод. ресурсы. 2011. Т.38. № 4. С. 464–473.
4. Луценко Т.Н., Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Пространственно-временная динамика химического состава речных вод российской части бассейна реки Усури // Вод. хоз-во России. 2013. № 3. С. 65–79.
5. Никаноров А.М., Брызгалов В.А. Реки России. Ч. IV. Реки Дальнего Востока (гидрохимия и гидроэкология). Ростов-на-Дону: НОК, 2011. 324 с.
6. Погадаев Г.Н., Цыцарин Г.В. Исследование зависимости между гидрохимическим и гидрологическим режимом рек бассейна Амура // Вод. ресурсы. 1982. № 1. С. 74–82.
7. Фадеев В.В., Тарасов М.Н., Павелко В.Л. Зависимость минерализации и ионного состава воды рек от их водного режима. Л.: Гидрометеоздат, 1989. 173 с.
8. Федеральный перечень методик выполнения измерений, допущенных к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей природной среды РД 52.18.595-96. (Изм. № 1. Утв. Росгидрометом 11.10.2002; Изм. № 2. Утв. Росгидрометом 28.10.2009; Изм. № 3. Утв. Росгидрометом 14.05.2015).
9. Федорей В.Г. Общая характеристика рек бассейна Амура // Тр. ДВНИГМИ. 1959. Вып. 8. С. 85–93.
10. Шестеркин В.П. Зимний гидрохимический режим Амура // Вестн. ДВО РАН. 2007. № 4. С. 35–43.
11. Шестеркин В.П. Сезонная и пространственная изменчивость химического состава вод верхнего Амура // Регион. проблемы. 2016. Т. 19. № 2. С. 35–42.
12. Шестеркин В.П. Солевой состав вод Зейского водохранилища // Вод. хоз-во России. 2015. № 5. С. 32–42.
13. Шестеркин В.П., Сиротский С.Е., Шестеркина Н.М. Воздействие гидроэнергетического строительства на содержание и сток растворенных веществ в воде р. Бурей // Вод. хоз-во России. 2014. № 4. С. 72–83.
14. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Многолетняя изменчивость стока нитратного и нитритного азота в р. Амур у Хабаровска // Вод. ресурсы. 2014. Т. 41. № 4. С. 412–418.
15. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Особенности качества воды р. Сунгари // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2009. № 1. С. 50–53.
16. Шестеркина Н.М., Шестеркин В.П. Зимний сток растворенных веществ Среднего Амура // География и природ. ресурсы. 2001. № 4. С. 144–147.
17. Эдельштейн К.К., Гречушникова М.Г. Воздействие гидротехнического строительства на сток Амура. // Метеорология и гидрология. 2006. № 5. С. 86–95.
18. Li X., Zhang W. The Flood of the Nenjiang river and Songhua in 1998 and the comprehensive management of the river basis // Chinese Geogr. sci. 1999. V. 9. № 3. P. 193–198.
19. Liu Hong-yu, Lu Xian-guo, Wang Chang-ke. Study on the sustainable development of wetland resources in the Ussuri/Wusuli river basin // Chinese geogr. sci. 2000. V. 10. № 3. P. 270–275.
20. Shesterkin V.P. Centennial variation in the chemical composition of the river water in the Khabarovsk water node // Russian J. Pacific Geol. 2010. T. 4. № 2. P. 187–199.

Long-Term Dynamics and Trend of Ion Sink of Amur River in the Winter Low-Water Period Near Khabarovsk, Russia

N. M. Shesterkina¹, V. P. Shesterkin^{1,*}

¹Institute for Water and Ecology FEB RAS, Khabarovsk 680000 Russia

*e-mail: shesterkin@ivep.as.khb.ru

Received: 05.07.2017 г.

Accepted: 29.09.2017 г.

The long-term dynamics and trend of the ion sink of the Amur River near Khabarovsk, Russia, in the winter low-water period were studied. The hydrological and hydrochemical characteristics of the main tributaries are given. The spatial heterogeneity of the distribution of mineralization along the length and width of the Amur is noted. The influence of large floods on the winter runoff of solutes has been established. The long-term increasing trend of ion sink in the winter low-water period due to hydropower construction is shown.

Keywords: Amur River, ion sink, hydropower construction.

DOI: 10.31857/S0321-0596462225-231