

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ И СТОКА СУЛЬФАТОВ В ВОДЕ РЕКИ АМУР В ЗИМНЮЮ МЕЖЕНЬ

В.П. Шестеркин, Н.М. Шестеркина

E-mail: shesterkin@ivep.as.khb.ru

Хабаровский федеральный исследовательский центр «Институт водных и экологических проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук» г. Хабаровск, Россия

АННОТАЦИЯ: На основе материалов Росгидромета за 1943–1976 гг. и авторских данных за 1999–2019 гг. изучена многолетняя динамика содержания и стока сульфатов в воде р. Амур в зимнюю межень. Установлены их значительные вариации на основных участках, обусловленные как разнообразием природных условий, так и антропогенным влиянием в районах крупных городов и населенных пунктов. Проведена оценка воздействия строительства ГЭС, значительных экономических преобразований в китайской части бассейна Амура, а также закрытия предприятий целлюлозно-бумажной и микробиологической промышленности в российской части бассейна реки на многолетнюю динамику содержания и стока сульфатов. Максимальное содержание сульфатов отмечено в воде р. Амур после аварии на химическом комбинате г. Цзилинь в Китае в декабре 2005 г. Установлено влияние крупных наводнений на повышение стока сульфатов в зимнюю межень.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: р. Амур, сульфаты, природные и антропогенные факторы, сток.

Сульфатные ионы относятся к веществам, лимитирующим качество поверхностных вод, они поступают в водные объекты в результате процессов химического выветривания и растворения содержащих серу пород, в процессе отмирания и окисления наземных и водных веществ растительного и животного происхождения. Большое влияние на сток сульфатов оказывают сточные воды промышленных предприятий и жилищно-коммунального комплекса [1, 2 и др.]. Так, в Хабаровском крае в 1992 г. сбросы сульфатов составляли 36 740 т в основном за счет предприятий микробиологической и целлюлозно-бумажной промышленности [3].

Мониторинг за содержанием сульфатных ионов в поверхностных водах бассейна Амура с 1943 г. ведет Росгидромет. Анализ полученных данных позволил определить диапазон колебания их концентраций на участке р. Амур между с. Черняево (верхний Амур) и г. Николаевск-на-Амуре за пе-

© Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М., 2020

риод 1985–2009 гг. [4], оценить сток сульфатов у г. Хабаровска за 1943, 1944 и 1949 гг. [5], а также у с. Богородское (замыкающий створ) за период 1985–2007 гг. [4, 6]. В меньшей степени изучено содержание и сток сульфатов в воде р. Амур в зимнюю межень [7], когда наиболее заметно проявляется влияние антропогенных факторов.

На современном этапе в бассейне Амура реализуются масштабные проекты по строительству ГЭС, происходят значительные экономические преобразования, прежде всего в китайской его части, на фоне закрытия многих предприятий на российской территории. Данная ситуация оказывает влияние на сток растворенных веществ, что и определяет необходимость изучения многолетней динамики содержания и стока сульфатов в зимнюю межень – наиболее критический период для качества вод р. Амур.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Наблюдения осуществляли в декабре–марте 1996–2019 гг. на р. Амур у г. Хабаровска на пяти равномерно распределенных по ширине реки вертикалях. На пограничных участках р. Амур у сел Ленинское и Амурзет, а также р. Уссури у с. Казакевичево исследования проводили в 2005–2017 гг. на трех равномерно распределенных по ширине вертикалях. Эпизодически пробы воды отбирали на основных притоках Амура: р. Зeya (г. Благовещенск), р. Бурeya (пос. Новобурейский), р. Сунгари (г. Цзямусы, г. Тунзян).

На нижнем Амуре (на участке между г. Хабаровском и с. Нижняя Тамбовка) работы проводили также эпизодически на трех равномерно распределенных по ширине реки пунктах. Схема района исследований представлена на рис. 1. Химический анализ проб осуществляли в ЦКП при ИВЭП ДВО РАН по общепринятой при гидрохимических исследованиях методике [8]. В работе использовали опубликованные данные Росгидромета.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Химический состав вод Амура формируют воды Верхнего Амура и притоки, наиболее значимыми из которых являются реки Зeya, Бурeya, Сунгари и Уссури. В зимнюю межень 1944–1975 гг. сток Амура у г. Хабаровска в основном определялся стоком р. Сунгари (58,2 %). Доля стока р. Уссури в эти годы ориентировочно составляла 13,7 %, р. Зeya – 11,6 %, Верхнего Амура – 9,8 %, р. Бурeya – 3,4 % [9]. С зарегулированием р. Зeya в 1975 г. и р. Бурeya в 2003 г. зимний сток Амура в основном стал определяться стоком этих рек. В многоводную зиму 2012–2013 г. доля их суммарного стока составляла 68 %, водный сток Амура по сравнению с 1945–1975 гг. вырос в 2,3 раза.

В воде верхнего Амура (с. Черняево) концентрации сульфатов в зимнюю межень 1961–1983 гг. варьировали в пределах 8,0–26,8 мг/дм³, среднее значение составило 18,2 мг/дм³ [10]. Повышенные концентрации и низкая



Рис. 1. Схема расположения пунктов наблюдений на р. Амур и ее основных притоках.

Fig. 1. The schematic map of the observation sites location on the Amur River and its main tributaries.

водность определяли сток сульфатов в среднем на уровне 171 т/сут, что было значительно выше количества (16–29 т/сут), которое поступало в речную сеть Амура со сточными водами Забайкальского края в 2016–2017 гг. [11]. Это свидетельствует о доминировании в составе вод верхнего Амура сульфатов природного генезиса, обусловленного формированием химического состава вод под влиянием региональных природных условий. Специфические черты ландшафтов, включающие сосновые остепненные леса в сочетании с типчаковыми и разнотравными степями по южным склонам и крупнозлаковыми степями в степных котловинах, обуславливают несколько повышенную минерализацию.

Значительно ниже содержание сульфатов в воде р. Зeya: в марте 2001 и 2002 г. концентрация не превышала 4,5 мг/дм³. Более низкое содержание сульфатов в воде этой реки, по сравнению с верхним Амуром, обусловлено наличием в составе замороженных горных пород гранитов, кристаллических гнейсов и др., обладающих низкой растворимостью, а также хорошей промытостью почв и отложений Верхне-Зейской равнины атмосферными осадками. Большую роль играет и зарегулирование р. Зeya: до появления ГЭС концентрации сульфатов в воде варьировали в пределах 2,7–17,0 мг/дм³ (среднегодовое значение составляло 8,2 мг/дм³), после – концентрации снизились и стали менее 3,8 мг/дм³ [7]. В многоводный 2013 г. в воде Зейского водохранилища концентрации были ниже 3,3 мг/дм³, среднее значение

составляло 2,3 мг/дм³ [12]. Незначительная изменчивость химического состава вод водохранилища позволяет предположить сток сульфатов в р. Зея в 2007–2018 гг. на уровне 178 т/сут, что в два раза выше, чем до зарегулирования. Наибольший сток отмечался в многоводную зиму 2013–2014 гг., когда расход воды р. Зея ниже ГЭС составлял в среднем 1405 м³/с.

В воде р. Бурей концентрация сульфатов несколько выше, чем в р. Зея, за счет дренирования в средней части бассейна терригенно-флишоидных, прибрежно-морских и континентальных угленосных отложений, поступления вод из угольных шахт и карьеров. До зарегулирования р. Бурей содержание сульфатов в воде варьировало в пределах 4,1–7,7 мг/дм³, из-за низкой водности сток в среднем составлял 18 т/сут [7]. В период заполнения водохранилища (2004–2008 гг.) содержание сульфатов в водах р. Бурей ниже ГЭС изменялось от 2,3 до 3,6 мг/дм³, сток – от 89 до 144 т/сут (среднее значение составило 122 т/сут). После заполнения водохранилища концентрации сульфатов стали варьировать в пределах 2,3–5,8 мг/дм³, среднее значение составило 4,0 мг/дм³. В 2012–2014 гг. сток сульфатов вышел на уровень 251 т/сут, т. е. после зарегулирования вырос в 14 раз. Наибольшие значения наблюдались в многоводные зимы 2009–2010, 2015–2018 гг., когда средние за зиму расходы воды превышали 750 м³/с.

Таким образом, на участок среднего Амура, между г. Благовещенском и устьем р. Сунгари, основное количество сульфатов поступает с водами рек Зея и Бурей. Незначительная часть (7,3 т/сут) выносится в составе сточных вод Амурской и Еврейской автономной областей, Хабаровского края [13–15]. Распределение содержания сульфатов в воде р. Амур в районе с. Амурзет по ширине реки относительно равномерное. В зимнюю межень 2012–2017 гг. средняя концентрация составляла 3,2 мг/дм³, что в 5,7 раз ниже по сравнению с верхним Амуром.

Резкая неоднородность в распределении содержания сульфатов по ширине Амура появляется ниже впадения р. Сунгари. В районе с. Ленинское в 2005–2017 гг. их концентрации были в 4,5–7,8 раз выше у правого берега в китайской части Амура, чем в российской (рис. 2). Максимальные значения отмечались после аварии на химическом комбинате в г. Цзилинь в 2005 г. (37,3 мг/дм³) [16]. Ниже отмечены концентрации в маловодные 2006 г. (31,8 мг/дм³) и 2012 г. (28,9 мг/дм³). Поэтому содержание сульфатов в воде Амура ниже устья возрастает в 3–4 раза.

Источником повышенного содержания сульфатов в воде р. Сунгари являются сточные воды химических, целлюлозно-бумажных, нефтехимических предприятий, крупных городов в провинциях Хэйлунцзян и Цзилинь (Харбин, Чанчунь, Цицикар и др.), численность населения в которых превышает 2,5 млн человек. В марте 2006 г. содержание сульфатов в воде р. Сунгари достигало 34 мг/дм³ выше г. Цзямусы, выше г. Тунцзян – 28,5 мг/дм³ [16].

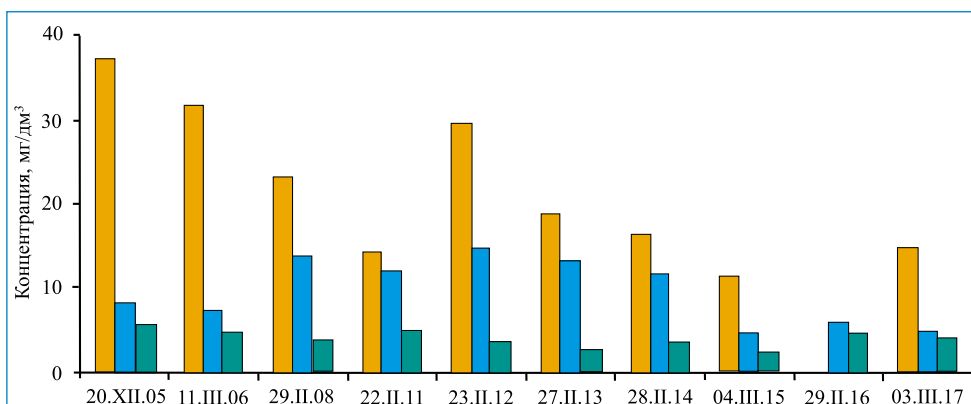


Рис. 2. Изменение концентрации сульфатного иона в воде по ширине Амура у с. Ленинское в зимнюю межень 2005–2017 гг.

Fig. 2. The sulfate ion concentration in the Amur River water in terms of the width near the village of Leninskoye during the 2005–2017 winter low-water period.

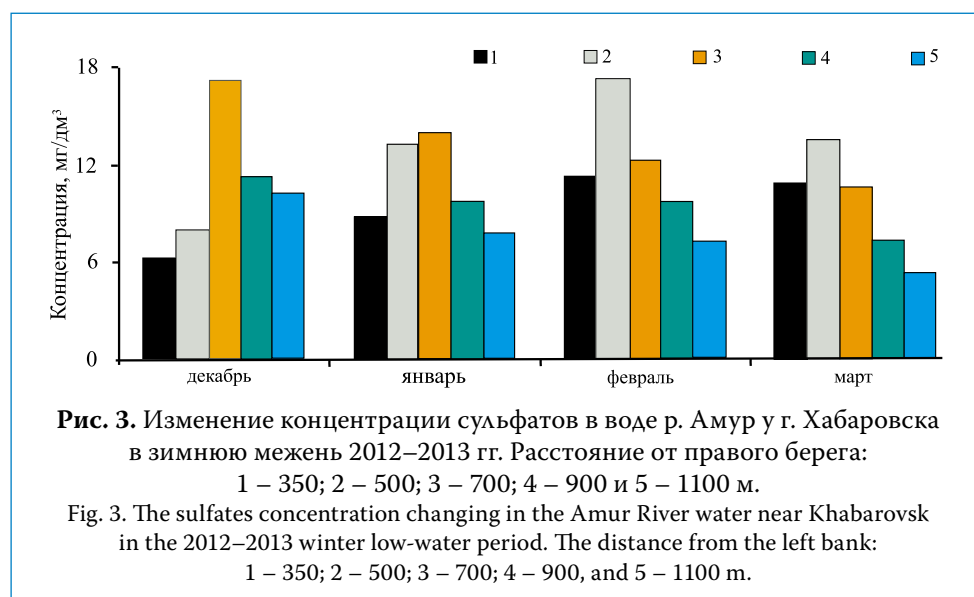
Определение стока сульфатов в воде р. Уссури является сложной задачей, которая обусловлена низкой гидрологической изученностью на пограничных участках. При расходе воды $243 \text{ м}^3/\text{с}$ у с. Шереметьево (с учетом стока р. Хор) и средней концентрации $5,0 \text{ мг}/\text{дм}^3$ в воде р. Уссури у пос. Кировский и притоках Хор, Бикин и Большая Уссурка сток сульфатов в 1957–1961 гг. мог достигать $105 \text{ т}/\text{сут}$. Повышенные концентрации и сток в воде р. Уссури отмечались в последующие годы, когда действовали ныне закрытые Хорский биохимический, Лесозаводский и Хорский гидролизные заводы, использующие большие количества серной кислоты для разложения древесины. В декабре 1983 г. содержание сульфатов в сточных водах Лесозаводского гидролизного завода достигало $954 \text{ мг}/\text{дм}^3$, в воде р. Уссури после сброса этих вод повышалось с $6,2$ до $25,8 \text{ мг}/\text{дм}^3$. Аналогичная ситуация отмечалась в районе пос. Хор, сточные воды которого содержали значительное количество сульфатов (в 1991 г. было сброшено 5540 т) [3].

Повышенные концентрации (до $13,4 \text{ мг}/\text{дм}^3$) отмечались в воде р. Уссури у с. Казакевичево в 2011–2016 гг. При неравномерном распределении по ширине, концентрации сульфатов в левобережной части реки были на $0,5$ – $3,0 \text{ мг}/\text{дм}^3$ выше, что обусловлено активной хозяйственной деятельностью в китайской части бассейна.

Неравномерное распределение содержания сульфатов по ширине, хотя и несколько сглаженное за счет перемешивания водных масс, сохраняется в воде р. Амур у г. Хабаровска. Наименьшие значения отмечаются в левобережной части в конце ледостава, когда влияние вод рек Зeya и Бурeya на химический состав вод Амура проявляется наиболее заметно, максималь-

ные – на середине, повышенные – у правого берега, где сток формируется водами рек Сунгари и Уссури соответственно (рис. 3).

Диапазон колебаний содержания сульфатов в воде р. Амур у Хабаровска в 1996–2019 гг. был достаточно широк. Повышенные значения отмечались в 2008–2011 гг. Максимальные концентрации варьировали в пределах 18,2–19,0 мг/дм³, средние – 12,2–13,7 мг/дм³. В остальные зимы предел колебаний был уже 12,7–17,8 мг/дм³, средние значения составляли 7,2–11,2 мг/дм³. Повышение концентрации сульфатов в воде р. Амур у г. Хабаровска до 15,5 мг/дм³ в феврале 2019 г., очевидно, обусловлено снижением водности р. Бурей (в среднем до 564 м³/с) из-за оползня на Бурейском водохранилище. Повышенное содержание сульфатов отмечалось в воде Амура и ранее: в январе 1967 г. – 15,8 мг/дм³, в марте 1973 г. – 16,4 мг/дм³ [7]. Низкие значения были зафиксированы после крупных паводков (1998, 2013 гг.), а также в маловодные годы (2003, 2012 гг.), когда сток Амура формировался в основном водами рек Зея и Бурей.



Сравнительный анализ материалов Росгидромета за 1949–1976 гг. и авторских данных за 1999–2019 гг. позволил выделить в многолетнем аспекте этапы формирования стока сульфатов в р. Амур у Хабаровска, обусловленные разной степенью антропогенной нагрузки и изменением водности рек Зея, Бурей и Сунгари вследствие зарегулирования. В 1949–1961 гг. среднее содержание и сток сульфатов в воде Амура у Хабаровска составляли 6,5 мг/дм³ и 645 т/сут соответственно. Этот период характеризовался раз-

витиём промышленности в Приамурье, строительством химических и целлюлозно-бумажных предприятий в бассейне р. Сунгари, а также крупными паводками, обуславливающими повышенные расходы воды р. Амур в начале ледостава. Так, в декабре 1955–1957 гг., после сформированных в бассейне р. Сунгари паводков, сток сульфатов определялся в пределах 1279–1350 т/сут. В 1962–1975 гг. за счет усиления хозяйственной деятельности в бассейнах рек Уссури и Сунгари концентрации в среднем возрастают до 12,3 мг/дм³, сток – до 1030 т/сут. В этот период отмечается резкое снижение качества воды р. Амур (дефицит растворенного кислорода, гибель рыбы, загрязнение аммонийным азотом и др. [9]).

С повышением водности Амура после зарегулирования р. Зeya концентрация сульфатов снижается, а сток возрастает. Определенное значение оказала и ликвидация предприятий микробиологической промышленности в бассейне р. Уссури. В 1996–2003 гг. концентрация в среднем составляла 10,0 мг/дм³, сток – 1545 т/сут. Наименьший сток отмечался в маловодную зиму 2002–2003 гг., наибольший – в средний по водности 1999–2000 г. (табл. 1). Максимальный сток сульфатов мог иметь место в многоводные (1991–1992 и 1994–1995 гг.) зимы, которые выделялись высокой водностью Амура.

Заполнение Бурейского водохранилища привело к повышению стока сульфатов в 3,2 раза в 2008–2014 гг., по сравнению с периодом 1949–1961 гг. Значения свыше 2500 т/сут отмечались в многоводные (2009–2010, 2012–2013 гг.) зимы. Наибольший сток сульфатов зафиксирован после исторического наводнения в 2013 г. (табл.1), когда водность рек Амур, Зeya и Бурей была максимальной за все годы мониторинга. Анализ полученных данных по стоку сульфатов в водах верхнего Амура, рек Зeya, Бурей, Уссури и Амур у г. Хабаровска свидетельствует, что основное количество сульфатов поступает с водами р. Сунгари (до 63 % в 2011–2014 гг.).

В воды нижнего Амура основное количество сульфатов поступает со сточными водами Хабаровска, Амурска, Комсомольска-на-Амуре и др., суммарный сброс которых в 2017 г. составил 1480,6 т/год [13]. В 24,8 раза больше выносилось сульфатов в составе сточных вод Хабаровского края в 1992 г. [3], причем основное их количество (52,1 %) поступало с закрытого в 1994 г. Амурского целлюлозно-картонного комбината. После ликвидации комбината сбросы сточных вод наиболее крупных населенных пунктов нижнего Амура не стали оказывать заметного влияния на содержание в воде сульфатов. Об этом свидетельствует отсутствие больших различий в содержании сульфатов в воде р. Амур по ширине на участке между г. Хабаровском и с. Нижняя Тамбовка в 1998 и 2016 гг. (табл. 2).

Таблица 1. Многолетняя динамика содержания и стока сульфатов в воде р. Амур у г. Хабаровска в 1996–2019 гг. (n – количество проб)
Table 1. The many-year dynamics of the sulfates content and runoff in the Amur River water near Khabarovsk in 1966–2019 (n is a number of samples)

Год	n	Концентрация, мг/дм ³		Сток, т/сут
		Пределы колебаний	Средняя	
1996–1997	17	4,7–12,7	7,6	1545
1997–1998	17	4,7–13,7	9,8	1412
1998–1999	25	4,0–14,7	8,4	1663
1999–2000	25	7,2–17,8	12,8	2243
2000–2001	33	7,2–16,9	11,5	1911
2001–2002	24	7,7–15,7	11,8	1246
2002–2003	24	4,5–12,7	8,4	798
2003–2004	34	4,5–11,4	8,2	650
2004–2005	20	8,2–12,7	10,0	993
2007–2008	37	6,7–15,2	10,8	1403
2008–2009	24	6,2–19,0	13,2	1811
2009–2010	40	5,7–18,5	12,2	2556
2010–2011	20	6,9–22,0	13,7	1899
2011–2012	35	3,3–12,1	7,2	1159
2012–2013	35	5,4–17,3	10,6	2695
2013–2014	26	5,1–15,2	9,1	2852
2014–2015	24	6,6–13,2	9,6	–
2015–2016	25	7,6–15,7	10,6	–
2016–2017	27	3,3–14,8	9,1	–
2017–2018	20	6,4–12,5	9,4	–
2018–2019	20	7,4–16,5	11,5	–

Таблица 2. Содержание сульфатов по длине и ширине нижнего Амура в 1998 и 2016 гг., мг/дм³

Table 2. The sulfates content in terms of the length and the width of the Lower Amur River, in 1998–2016, mg/dm³

Населенный пункт	Расстояние от устья, км	1998 г.			2016 г.		
		ПБ	С	ЛБ	ПБ	С	ЛБ
г. Хабаровск	925	11,0	11,7	8,3	10,5	10,3	7,8
с. Сикачи-Алян	835	11,3	10,7	–	–	–	–
с. Троицкое	740	10,7	9,7	10,7	–	–	–
с. Малмыж	665	6,7	9,7	9,3	11,1	9,5	11,6
г. Комсомольск-на-Амуре	585	7,3	10,7	10,7	–	–	–
с. Нижняя Тамбовка	480	6,7	10,7	10,7	6,7	11,1	10,1

Примечание: ПБ – правый берег, С – середина, ЛБ – левый берег.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ материалов Росгидромета за 1949–1976 гг. и авторских материалов за 1999–2019 гг. свидетельствует о значительных вариациях содержания и стока сульфатов в воде р. Амур в зимнюю межень в многолетнем аспекте. Первые годы мониторинга характеризуются наименьшим содержанием и стоком сульфатов в воде р. Амур, обусловленных в основном природными факторами, максимальными значениями стока после крупных паводков, сформированных в бассейне р. Сунгари.

Строительство в бассейне Амура в 1962–1975 гг. предприятий целлюлозно-бумажной, микробиологической, химической, нефтехимической и др. промышленности привело к увеличению содержания и стока сульфатов в два раза по сравнению с 1949–1961 гг. Резкий спад и остановка производственной деятельности предприятий в российской части бассейна Амура (гидролизных заводов, Амурского ЦКК и др.) в середине 1990-х годов вызвали значительное снижение поступления сульфатов в воды реки. Сбросы сульфатов в составе сточных вод Хабаровского края в 2017 г. по сравнению с 1992 г. снизились в 24,8 раза.

На современном этапе зарегулирование рек Зея и Буря обусловило повышение водности р. Амур в зимнюю межень. Активная хозяйственная деятельность в китайской части бассейна привела к увеличению стока сульфатов в 3,2 раза в 2008–2014 гг. по сравнению с 1949–1961 гг. Максимальный сток был зафиксирован в зимнюю межень 2013–2014 гг. после исторического наводнения, когда водность Амура была наибольшей за все годы наблюдений.

Дальнейшее освоение бассейна верхнего и среднего Амура, прежде всего китайской части, предполагает увеличение стока сульфатов, поэтому полученные в ходе проведенного исследования данные могут быть использованы при возникновении чрезвычайных ситуаций природного или техногенного характера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдуев М.А. Сток сульфатов с основными реками Азербайджана // Вода: химия и экология. 2017. № 3. С. 9–14.
2. Сороковикова Л.М., Синюкович В.Н., Нецветаева О.Г., Томберг И.В., Сезько Н.П. Поступление сульфатов и азота в озеро Байкал с водами его притоков // География и природные процессы. 2009. № 1. С. 61–65.
3. Состояние природной среды и природоохранная деятельность в Хабаровском крае в 1992 году: Доклад комитета экологии и природных ресурсов Хабаровского края. Хабаровск, 1992. 174 с.
4. Никаноров А.М., Брызгалов В.А. Реки России. Ч. IV. Реки Дальнего Востока (гидрохимия и гидроэкология). Ростов-на-Дону: Изд-во НОК, 2011. 324 с.

5. *Алекин О.А., Бражникова Л.В.* Сток растворенных веществ с территории СССР. М.: Наука, 1964. 143 с.
6. *Никаноров А.М., Брызгалов В.А., Косменко Л.С., Даниленко А.О.* Антропогенная нагрузка на устьевые области рек Дальнего Востока в современных условиях // Вода: химия и экология. 2012. 2(44). С. 11–17.
7. *Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М.* Содержание и сток сульфатов в воде среднего Амура в зимнюю межень // Биогеохимические и экологические исследования наземных и водных экосистем. Владивосток: Дальнаука, 2006. С. 204–209.
8. РД 52.24.405–2005. Массовая концентрация сульфатов в водах. Методика выполнения измерений турбидиметрическим методом.
9. *Шестеркин В.П.* Зимний гидрохимический режим Амура // Вестник ДВО РАН. 2007. № 4. С. 35–43.
10. *Шестеркин В.П.* Сезонная и пространственная изменчивость химического состава вод верхнего Амура // Региональные проблемы. 2016. № 2. С. 35–42.
11. Государственный доклад об экологической ситуации в Забайкальском крае за 2017 год. Чита: Правительство Забайкальского края. 2018. 240 с.
12. *Шестеркин В.П.* Солевой состав вод Зейского водохранилища // Водное хозяйство России. 2015. № 5. С. 32–42.
13. Государственный доклад об охране окружающей среды и экологической ситуации в Амурской области за 2017 год. Благовещенск: МПР Амурской области. 2018. 357 с.
14. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды Хабаровского края в 2017 году. Воронеж: ООО «Фаворит», 2018. 250 с.
15. Доклад об экологической ситуации в Еврейской автономной области в 2018 году. Правительство ЕАО. Распоряжение от 18 июня 2019 года № 208-рп. Режим доступа: http://www.eao.ru/o-eao/obshchie-svedeniya/ekologicheskaya-situatsiya-v-oblasti/642242409_0 (дата обращения 5.11.2019).
16. *Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М.* Особенности качества воды р. Сунгари // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2009. № 1. С. 50–53.

Для цитирования: Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Многолетняя динамика содержания и стока сульфатов в воде реки Амур в зимнюю межень статьи // Водное хозяйство России. 2020. № 3. С. 82–93.

Сведения об авторах:

Шестеркин Владимир Павлович, канд. географ. наук, ведущий научный сотрудник, Хабаровский федеральный исследовательский центр «Институт водных и экологических проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук», 680000, г. Хабаровск, ул. Дикопольцева, 56, e-mail: shesterkin@ivep.as.khb.ru

Шестеркина Нина Михайловна, старший научный сотрудник, Хабаровский федеральный исследовательский центр «Институт водных и экологических проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук», 680000, г. Хабаровск, ул. Дикопольцева, 56, e-mail: shesterkina@ivep.as.khb.ru

**THE AMUR RIVER WATER DURING THE WINTER LOW WATER PERIOD:
THE MANY-YEAR DYNAMICS OF THE SULFATES CONTENT AND RUNOFF****Vladimir P. Shesterkin, Nina M. Shesterkina**

E-mail: shesterkin@ivep.as.khb.ru

Institute of Water and Ecological Problems, FEB RAS, Khabarovsk, Russia

Abstract: Sulfates are the dominant ions among the major ones in the Amur region's sewage. Therefore, the purpose of the research is to study the long-term dynamics of the content and runoff of sulfates in the Amur River in the winter low-water, based on the materials of Roshydromet for 1943-1976 and the author's data for 1999-2019. Significant variations in the main areas were found due to both the diversity of natural conditions and anthropogenic influence in the areas of large cities and localities. The impact of the construction of hydroelectric power plants, significant economic changes in the Chinese part of the Amur basin, as well as the closure of pulp and paper and microbiological industries in the Russian part of the Amur basin on the long-term dynamics of the content and flow of sulfates is estimated. The maximum content of sulfates in the Amur River was observed after the accident at the Jilin chemical plant in China in December 2005. The influence of major floods on the increase in the flow of sulphates in the winter low-water was established.

Key words: Amur River, sulfates, natural and anthropogenic factors, content, runoff.

About the authors:

Vladimir P. Shesterkin, Candidate of Geographic Sciences, Khabarovsk Federal Research Center, Institute of Water and Ecological Problems, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, ul. Dikopoltseva, 56, Khabarovsk, 680000, Russia; e-mail: shesterkin@ivep.as.khb.ru

Nina M. Shesterkina, Senior Researcher, Khabarovsk Federal Research Center, Institute of Water and Ecological Problems of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. Dikopoltseva, 56, Khabarovsk, 680000, Russia; e-mail: shesterkina@ivep.as.khb.ru

For citation: *Shesterkin V.P., Shesterkina N.M. The Amur River Water During the Winter Low-water Period: The Many-year dynamics of the Sulfates Content and Runoff // Water Sector of Russia. 2020. No. 3. P. 82–93.*

REFERENCES

1. *Abduev M.A.* Stok sulfatov s osnovnymi rekami Azerbaidzhana [The sulfates runoff with the main rivers of Azerbaijan] // *Voda: khimiya i ekologiya*. 2017. No. 3. P. 9–14.
2. *Sorokovikova L.M., Siniukovich V.N., Netsvetaeva O.G., Tomberg I.V., Sezko N.P.* Postuplenie sul'fatov i azota v ozero Baikal s vodami yego pritokov [The sulfates and nitrogen input to the Lake Baikal with its tributaries' waters] // *Geografii i prirodniye protsessy*. 2009. No. 1. P. 61–65.
3. *Sostoyaniye prirodnoy sredy i prirodookhrannaya deyatelnost v Khabarovskom krae v 1992 godu* [The environment status and the nature/protective activities in Khabarovsk Krai in 1992]: *Doklad komiteta ekologi i iprirodnikh resursov Khabarovskogo kraya*. Khabarovsk, 1992. 174 p.
4. *Nikanorov A.M., Bryzgalo V.A.* Reki Rossii. Chast IV. Reki Dal'nego Vostoka (gidrokhiimiya i gidroekologiya) [Rivers of Russia, Part IV. Rivers of the Far East]. Rostov-na-Donu: Izd-vo NOK, 2011. 324 p.
5. *Alekin O.A., Brazhnikova L.V.* Stok rastvorenykh veshchestv s territoriyi SSSR [The dissolved substances runoff from the territory of the USSR]. M.: Nauka, 1964. 143 p.
6. *Nikanorov A.M., Bryzgalo V.A., Kosmenko L.S., Danilenko A.O.* Antropogennaya nagruzka na ustyeve oblasti rek Dalnego Vostoka v sovremennykh usloviyakh [Anthropogenic

- load on the Far Eastern rivers mouth reaches in current situation] // *Voda: khimiya i ekologiya*. 2012. 2(44). P. 11–17.
7. *Shesterkin V.P., Shesterkina N.M.* Soderzhanie i stok sulfatov v vode srednego Amura v zimniyu mezhn [The sulfates content and runoff in the Middle Amur water during winter low-water period] // *Biogeokhimicheskie i ekologicheskie issledovaniya nazemnykh i vodnykh ekosistem*. Vladivostok: Dalnauka, 2006. P. 204–209.
 8. RD 52.24.405–2005. Massovaya kontsentratsiya sulfatov v vodakh. Metodika vypolneniya izmereniy turbidimetriceskim metodom [The sulfates mass concentration in waters. Methods of the turbidimetric measurements].
 9. *Shesterkin V.P.* Zimniyi gidrokhimicheskiy rezhim Amura [The Amur river winter hydrochemical regime] // *Vestnik DVO RAN*. 2007. No. 4. P. 35–43.
 10. *Shesterkin V.P.* Sezonnaya i prostranstvennaya izmenchivost khimicheskogo sostava vod verkhnego Amura [The Upper Amur waters' chemical composition seasonal and spatial variability] // *Regionalniye problemy*. 2016. No. 2. P. 35–42.
 11. Gosudarstvenniy doklad ob ekologicheskoy situatsiyi v Zabaikalskom krae za 2017 god. [Governmental report on the ecological situation in Transbaikalsk Krai in 2017]. Chita: Pravitel'stvo Zabaikal'skogo kraia, 2018. 240 p.
 12. *Shesterkin V.P.* Solevoy sostav vod Zeyskogo vodokhranilishcha [Mineralization structure of the Zeya Reservoir waters] // *Water Sector of Russia*. 2015. No. 5. P. 32–42.
 13. Gosudarstvenniy doklad ob okhrane okruzhaiushchey sredy i ekologicheskoy situatsiyi v Amurskoy oblasti za 2017 god [Governmental report on the environment protection and the ecological situation in Amur Oblast in 2017]. Blagoveshchensk: MPR Amurskoy oblasti. 2018, 357 p.
 14. Gosudarstvenniy doklad o sostoyani i okhrane okruzhaiushchey sredy Khabarovskogo kraia v 2017 godu [Governmental report on the Khabarovsk Krai environment status and protection in 2017]. Voronezh: OOO «Favorit», 2018. 250 p.
 15. Doklad ob ekologicheskoy situatsiyi v Evreiskoy avtonomnoy oblasti v 2018 godu. [Report on the ecological situation in the Jewish Autonomous Oblast in 2018]. Pravitelstvo EAO. Rasporyazhenye ot 18 iyunya 2019 goda № 208-rp. Rezhim dostupa: http://www.eao.ru/o-eao/obshchie-svedeniya/ekologicheskaya-situatsiya-v-oblasti/642242409_0 (data obrashcheniya 5.11.2019).
 16. *Shesterkin V.P., Shesterkina N.M.* Osobennost kachestva vody r. Sungari [The Sungari River water specific features] // *Geoekologiya, inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya*. 2009. № 1. P. 50–53.