

СОДЕРЖАНИЕ И СТОК СУЛЬФАТОВ В ВОДЕ РЕКИ АМУР У ХАБАРОВСКА В ПЕРИОД ОЧЕНЬ СИЛЬНЫХ НАВОДНЕНИЙ

Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М.,

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск

Аннотация. Представлены результаты изучения содержания и стока SO_4^{2-} в воде р. Амур в период очень сильных наводнений. Максимальный сток отмечался на гребне паводка во время исторического наводнения 2013 года.

Ключевые слова: Река Амур, сульфаты, содержание, сток

CONTENT AND FLOW OF SULPHATES IN THE WATER OF THE AMUR RIVER NEAR KHABAROVSK DURING VERY SEVERE FLOODS

Shesterkin V.P., Shesterkina N.M.

Institute of Water and Ecology Problems, FEB RAS, Khabarovsk

Abstract. The results of studying the content and flow of SO_4^{2-} in the Amur River water during very severe floods are presented. The maximum runoff was observed at the peak of the flood crest during the historical flood of 2013.

Keywords: Amur River, sulfates, content, runoff

Введение. 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. На сток сульфатов влияют сточные воды промышленных предприятий и жилищно-коммунального хозяйства [6]. Только в 2017 г. в р. Амур от предприятий Хабаровского края поступило 1480,6 т сульфатов [3].

Мониторинг за содержанием сульфатов в водах Амура с 1943 г. ведет Росгидромет. Анализ полученных данных позволил определить диапазон колебания их концентраций на участке между с. Черняево (верхний Амур) и г. Николаевск-на-Амуре за период 1985–2009 гг. [3], оценить сток сульфатов у г. Хабаровска за 1943, 1944 и 1949 гг. [4]. Меньше изучены содержание и сток сульфатов в период наводнений, которые охватывают большие территории, причем у Хабаровска происходят раз в 1,5–2 года. Сильные наводнения, когда затапливаются поля, здесь отмечаются при уровне воды 500 см, а очень сильные, при которых вода заходит в поселения – при более 590 см [2]. Появление паводков вызвано выходом в июле-сентябре восточноазиатских муссонов, вызывающих сильные дожди. Этому также способствуют густая речная сеть, горный рельеф, наличие мерзлых пород на севере и суглинистых грунтов на юге, резкое падение уклонов и малая высота берегов среднего Амура.

Наиболее часто сильные наводнения отмечались в 1960-е годы (табл. 1). После длительного перерыва оно отмечалось в 1984 г. В 2013 г. уровень воды превысил исторический максимум за все годы наблюдений, вероятность появления такого наводнения оценивалась раз в 200–250 лет [7]. Вновь очень сильные наводнения, хотя и менее многоводные, повторились в 2019–2021 гг. (табл. 1, рис. 1).

В современных условиях в бассейне Амура реализуются масштабные проекты в гидроэнергетике, происходят значительные экономические преобразования, прежде всего в

китайской его части, на фоне закрытия предприятий микробиологической и целлюлозно-бумажной промышленности в Хабаровском и Приморских краях. Данная ситуация оказывает большое влияние и на сток растворенных веществ, что определяет необходимость изучения содержания и стока SO₄2 в период наводнений.

Материалы и методы исследований. Наблюдения осуществляли в мае-октябре 2013, 2019–2021 гг. на р. Амур у г. Хабаровск ниже железнодорожного моста на 5–6 равномерно распределенных по ширине реки вертикалях. Содержание сульфатного иона осуществляли в ЦКП при ИВЭП ДВО РАН по принятой при гидрохимических исследованиях методике [5]. В работе использовали опубликованные и приобретенные у Росгидромета данные по водному стоку.

Таблица 1

Максимальные уровни и расходы воды при очень сильных наводнениях на р. Амур у г. Хабаровск в 1951–2021 гг.

Дата	Уровень воды, см	Расход воды, м ³	Район формирования
21.09.1951	634	28 900	Неясно выражен
07.08.1953	604	26 200	Зея, Бурея и Сунгари
27.09.1956	600	34 200	Сунгари
20.09.1957	614	35 500	Сунгари
20.09.1959	634	38 900	Зея, Бурея
02.09.1984	623	32 900	Верхний Амур, Зея
03.09.2013	808	46 100	Верхний Амур, Зея, Бурея, Сунгари, Уссури
30.08.2019	642	35 600	Сунгари, Уссури, Бурея
20.09.2020	628	35 900	Сунгари, Уссури, Бурея
21.08.2021	607	34 300	Верхний Амур, Зея, Бурея, Сунгари, Уссури

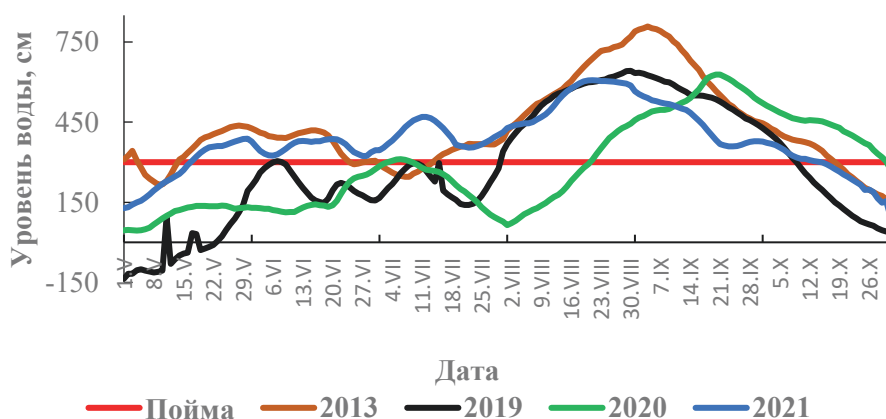


Рис. 1. Динамика уровня воды р. Амур у Хабаровска с мая по ноябрь в 2013, 2019–2021 гг.

Результаты и их обсуждение. Анализ материалов Росгидромета за 1951–1998 гг., когда пробы воды на р. Амур отбирали лишь на одной вертикали на середине реки на гребне паводка, редко на его спаде, свидетельствуют о максимальных концентрациях сульфатов в воде (до 8,8 мг/л) в период сильных и очень сильных наводнений, которые формировались на верхнем Амуре и в бассейне р. Сунгари. Поэтому сток SO₄²⁻ на гребне этих паводков был наивысшим (до 22,5 тыс. т в сутки). Меньше были концентрации (4,8–5,5 мг/л) и сток (13,6–18,5 тыс. т в сутки) сульфатов на гребне паводков, водность которых определялась в основном стоком рр. Зея и Бурея [8].

Историческое наводнение в 2013 г. формировалось в условиях насыщения влагой почв и интенсивных ливневых дождей на верхнем и среднем Амуре, обусловивших высокие уровни воды в реках. Особенностью этого наводнения было последовательное участие в его формировании паводков основных его притоков (Зея, Бурея, Сунгари и Уссури), а также многочисленных средних и малых рек, их наложение при смещении вниз по течению основной волны амурского паводка.

Содержание SO₄²⁻ в амурской воде в период этого наводнения измерялось в широких пределах (3,7–12,4 мг/л), по ширине реки максимальные значения отмечались из-за влияния р. Сунгари на середине Амура, а наименьшие, из-за влияния ультрапресных вод Зеи и Буреи - в левобережной части [11]. Подобная гидрохимическая структура Амура у г. Хабаровск сохранялась в период всего наводнения в течение августа-октября. Сток сульфатов в августе составил 700 тыс. т, в сентябре – 713 тыс. т. Даже на спаде паводка в октябре содержание сульфатного иона варьировало в пределах 5,8–9,7 мг/л, сток сульфатов составлял 386 тыс. т. Сток SO₄²⁻ на гребне этого паводка достигал 29,5 тыс. т в сутки, т.е. был максимальным среди ранее наблюдавшихся наводнений.

В 2019 г. очень сильное наводнение стало формироваться в конце июля в результате влияния фронтальных разделов и тайфуна Danas, которые вызвали очень сильные дожди в Хабаровском крае, Амурской и Еврейской автономной областях. Высокой водности Амура способствовали и повышенные расходы воды р. Бурея, которые в среднем составляли 2383 м³/с, максимум 5161 м³/с [10]. В августе увеличению стока Амура способствовали выходы тайфунов “Lekima” и “Krosa”, а также возросшие сбросы воды Бурейского водохранилища, составлявшие в среднем 3281 м³/с. Содержание сульфатного иона по ширине р. Амур в это время изменялось в очень широких пределах (2,4–9,8 мг/л), причем в распределении его значений по ширине реки наблюдались существенные различия: из-за влияния вод рр. Зея и Бурея наименьшее содержание сульфатов отмечалось на середине и в левобережной части русла. Максимумом концентрации вследствие влияния р. Сунгари характеризовалась правобережная часть русла. Подобное распределение концентраций сульфатов отмечалось и на подъеме паводка в 2013 г. [9], что свидетельствует о доминировании вод р. Сунгари во время сильных паводков. Сток сульфатов в амурской воде у Хабаровска на гребне наводнения составлял 20,3 тыс. т в сутки, в августе и сентябре – 500 и 614 тыс. т соответственно.

В 2020 г. очень сильное наводнение сформировалось в середине августа (рис. 1) вследствие активных фронтальных разделов, вызвавших в Приамурье высокие паводки. Большое влияние на сток Амура, как и в 2019 г. оказала р. Бурея, расходы воды которой в среднем составляли 2455 м³/с (максимум 5913 м³/с [11]. На р. Амур в начале паводка при уровне воды 450 см содержание SO₄²⁻ на середине и в левобережной части из-за влияния рр. Зея и Бурея, как и в 2019 г., снизилось, в то время как в правобережной части, представленной водами р. Уссури, было без изменений. Поэтому различия в содержании сульфатов у левого и правого берегов отсутствовали, наибольшие их значения из-за влияния р. Сунгари отмечались на середине реки. Содержание SO₄²⁻ в это время изменялось в пределах 4,1–7,4 мг/л, в среднем составляло 6,0 мг/л, было наименьшим за период открытого русла значением.

В сентябре 2020 г. тайфун Bavi принес в ЕАО, южные и часть центральных районов Хабаровского края дожди, местами сильные. В дальнейшем Приамурье оказалось под влиянием тайфунов Maysak и Haishen, вызвавших затопление поймы Амура на глубину 1,5–3,3 м в течение 71 дня. На подъеме паводка в середине сентября при уровне воды 540 см содержание сульфатного иона варьировало в пределах 4,0–11,7 мг/л, в среднем составляло 6,8 мг/л. На середине Амура отмечалось более высокое, чем паводки 2013 и 2019 гг. содержание SO_4^{2-} . Сток сульфатов в сентябре достигал 539,3 тыс. т, на гребне наводнения – 25,7 тыс. т в сутки. Более длительное снижение уровня воды Амура (рис. 1), чем в паводки 2013 и 2019 гг. из-за выхода западного циклона и влияния фронтальных разделов на территориях большей части Хабаровского края и ЕАО обусловило повышенное содержание сульфатов в амурской воде, которое изменялось в пределах 7,5–12,9 мг/л, составляло в среднем 9,5 мг/л [11].

В 2021 г. очень сильное наводнение (рис. 1) сформировалось в результате прохождения смещающегося с верхнего Амур паводка в конце первой – начале второй декады июля и влияния активных атмосферных фронтов, вызвавших сильные и очень сильные дожди. Большое влияние в повышении водности оказали зарегулированные рек Зeya и Буряя, суммарный сток которых в августе составил в среднем 7874 м³/с. Сложная гидрологическая обстановка наблюдалась и в бассейне р. Сунгари, где из-за обильных осадков критический уровень крупных рек был превышен. Поэтому пойма Амура, также как в 2013 г., длительный период времени (с 17 мая по 14 октября) оставалась затопленной.

Содержание SO_4^{2-} на подъеме паводка в июле варьировало в широких пределах (3,7–8,2 мг/л), наименьшие значения отмечались в основном в левобережной части (рис. 2). Сток сульфатов в это время составлял 331,2 тыс. т. На гребне паводка в августе при уровне воды 576 см концентрация SO_4^{2-} , вероятно, из-за влияния зарегулированных рр. Зeya и Буряя снизилась до 2,2–7,1 мг/л (в среднем составила 4,7 мг/л), т.е. была наименьшей среди ранее рассмотренных паводков. Сток сульфатов в это время составил 13,9 тыс. т в сутки, т.е. был наименьшим. Сток же сульфатов за август составил 379 тыс. т, т.е. мало отличался от стока в июле. Наибольшие концентрации SO_4^{2-} (6,3–10,8 мг/л) отмечались в конце паводка (рис. 2) вследствие поступления с затопленных полей. Поэтому, даже в условиях значительного снижения водности Амура, сток сульфатов в это время незначительно отличался от его стока (360 тыс. т) на гребне паводка в августе.

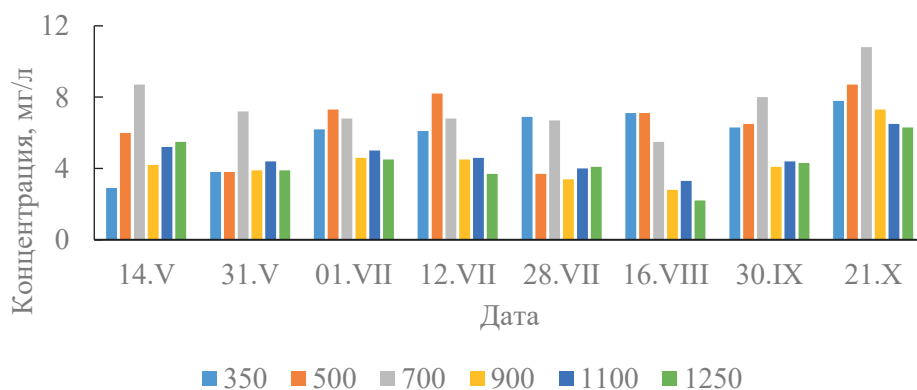


Рис. 2. Распределение содержания сульфатного иона в воде р. Амур от правого берега до левого у г. Хабаровска (м) в период наводнения 2021 г.

Выводы. В период очень сильных наводнений содержание сульфатного иона в водах Амура у Хабаровска по ширине реки изменяется в широких пределах вследствие больших отличий в химическом составе вод верхнего Амура, рр. Зeya, Сунгари, Буряя и Усури и их

вклада на всех этапах формирования паводка. Максимальные концентрации из-за влияния вод р. Сунгари проявляются на середине Амура, редко правобережной части, минимальные – левобережной части из влияния зарегулированных рек Зея и Буряя.

Литература

1. Алекин О.А., Бражникова А.В. Сток растворенных веществ с территории СССР. М.: Наука, 1964. 143 с.
2. Бойкова К.Г. Наводнения на реках Амурского бассейна / Вопросы географии Дальнего Востока. Сборник пятый. Хабаровск: кн. изд-во, 1963. С. 192–259.
3. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Хабаровского края. Хабаровск. 2018. 250 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. РД 52.24.405–2005. Массовая концентрация в водах. Методика измерений турбидиметрическим методом.
6. Сороковникова 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 ресурсы. 2009. № 1. С. 61–65.
7. Фролов А.В., Георгиевский В.Ю. Экстремальные паводки в бассейне р. Амур: причины, прогнозы, рекомендации (сборник докладов). М.: Росгидромет, 2014. С. 5–39.
8. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Максимальный ионный сток Среднего Амура // Биогеохимические и геоэкологические исследования наземных и пресноводных экосистем. Владивосток: Дальнаука. 2002. С. 105–115.
9. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Влияние крупных наводнений в районе Хабаровска 2018–2019 гг. на гидрохимическую структуру вод Амура // Метеорология и гидрология. 2020. № 11. С. 92–99.
10. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Гидрохимические особенности вод реки Амур у города Хабаровск в период сильного наводнения 2020 года // Водное хозяйство России. 2022. № 1. С. 97–110.
11. Shesterkin V.P. Variations of Amur Water Chemistry during the Historical 2013 Flood // Water Resources. 2016. Vol. 43. N. 3. P. 495-503.