Сезонная и пространственная изменчивость содержания аммонийного азота в воде реки Амур у Хабаровска в 2018–2019 годах

ШЕСТЕРКИН В.П., ШЕСТЕРКИНА Н.М.

ХФИЦ Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск
shesterkin@ivep.as.khb.ru

Аннотация. Представлены результаты наблюдений за содержанием аммонийного азота в воде р. Амур у г. Хабаровск в 2018–2019 гг. Максимальные значения установлены в правобережной и средней части русла в 2018 г. в начале ледостава (0.37 мг N/дм^3), в 2019 г. в конце ледостава (0.32 мг N/дм^3). Наименьшие значения зимой отмечены в левобережной части русла Амура из-за влияния зарегулированных рек Зея и Буря. Показано постепенное снижение концентрации аммонийного азота в течение зимнего периода в 1.5 раза в 2018 г. и возрастание в 2.4 раза в 2019 г. Выявлено снижение концентраций в зимнюю межень 2018–2019 гг. по сравнению с периодом 2011–2013 гг. в 1.9 раза, что свидетельствует об улучшении качества воды р. Сунгари, а соответственно и Среднего Амура. В период открытого русла содержание аммонийного азота по сравнению с зимней меженью ниже и не превышает 0.1 мг N/дм^3 . Наибольшие значения наблюдаются в правобережной и средней части русла во время половодья и на подъеме паводков, сформированных в бассейнах рек Уссури и Сунгари. Показано, что на гребне катастрофического паводка, сформированного в Забайкальском крае в 2018 г., и очень сильного паводка в 2019 г. содержание аммонийного азота не превышало 0.05 мг N/дм^3 . Установлено, что содержание аммонийного азота в левобережной части русла, а в межпаводочный период по всей ширине Амура находится ниже предела обнаружения.

Ключевые слова: р. Амур, аммонийный азот, содержание, сезонная и пространственная изменчивость

Seasonal and spatial variability of the ammonium nitrogen content in the Amur river near Khabarovsk in 2018–2019

SHESTERKIN V.P., SHESTERKINA N.M.

KhFRC Institute of Water Ecological Problems FEB RAS, Khabarovsk
shesterkin@ivep.as.khb.ru

Abstract. The results of observations over the content of ammonium nitrogen in the water of the Amur River near Khabarovsk in 2018–2019 are presented. The maximum values were determined in the right-bank and middle parts of the riverbed in 2018 at the beginning of ice formation ($0.37 \text{ mg of N/dm}^3$) and in 2019 at the end of ice formation ($0.32 \text{ mg of N/dm}^3$). The minimum values were observed in winter in the left-bank part of the Amur riverbed due to effect of the regulated rivers of Zeya and Bureya. The gradual decline in the concentration of ammonium nitrogen 1.5 times during the winter season of 2018 and growth 2.4 times in 2019 are shown. The decrease in concentrations 1.9 times during the winter runoff low of 2018–2019 in comparison with period of 2011–2013 was revealed which gives evidence of the water quality improvement in Sungari River and, respectively, in the middle reaches of Amur River. In the period

of free channel, the content of ammonium nitrogen is lower in comparison with the same during winter low-water level and does exceed 0.1 mg of N/dm³. The maximum values are observed in the right-bank and middle parts of the riverbed during high water and on the rise of floods formed in the catchments of the Ussuri and Sungari Rivers. It was demonstrated that in the top of the catastrophic flood formed in the Trans-Baikal Territory in 2018 and very strong flood in 2019, the content of ammonium nitrogen did not exceed 0.05 mg of N/dm³. It has been established that the content of ammonium nitrogen in the left-bank part of riverbed and in the peak-flood interval across the whole width of the Amur River is below detection limit.

Keywords: Amur River, ammonium nitrogen, content, seasonal and spatial variability.

Введение

Аммонийный азот – одно из веществ, лимитирующих качество поверхностных вод, содержание которого в воде рыбохозяйственных водоемов должно быть ниже 0.39 мг N/дм³. Мониторинг за его концентрацией в воде р. Амур с 1975 г. осуществляет Дальневосточное управление гидрометеослужбы.

Активизация хозяйственной деятельности в китайской части бассейна Амура обусловила изменение характера и интенсивности природопользования, способствовала загрязнению в последние десятилетия правобережной части Амура ниже устья р. Сунгари аммонийным азотом [1, 2].

Большое внимание проблема качества вод Амура привлекла после крупной аварии на химическом комбинате г. Цилинь (КНР) в ноябре 2005 г., которая вызвала поступление в воды р. Сунгари до 100 т загрязняющих веществ. Исследования в это время у с. Нижнеленинское свидетельствовали о низком содержании аммонийного азота в воде российской части Амура (0.2–0.4 мг N/дм³) и загрязнении в китайской его части (2.8–3.8 ПДК) [3]. Повышенные концентрации этого вещества в правобережной части р. Амур у с. Нижнеленинское отмечались и ранее [2], что указывало на хроническое загрязнение вод р. Сунгари аммонийным азотом.

Природоохранные мероприятия в бассейне р. Сунгари после аварии в г. Цилинь (строительство очистных и гидротехнических сооружений, закрытие предприятий и др.) способствовали улучшению качества вод этой реки, а соответственно и качества вод Среднего Амура. В зимнюю межень 2011–2013 гг. содержание аммонийного азота не превышало 1.0 мг N/дм³, по сравнению с 2006–2008 гг. снизилось в 2.4 раза [4]. Наибольшие значения отмечались в многоводном 2011 г. (0.63 мг N/дм³), минимальные – маловодном 2012 г. (0.18 мг N/дм³) и после наводнения 2013 г. в многоводном 2014 г. (0.23 мг N/дм³) [3].

Цель настоящего исследования – изучение сезонной и пространственной изменчивости содержания аммонийного азота в воде р. Амур у Хабаровска в 2018–2019 гг.

Материалы и методы

Наблюдения осуществляли ежемесячно на р. Амур у г. Хабаровск, 1 км ниже автомобильного моста на 5 равномерно распределенных по ширине реки вертикалях. Образцы воды отбирали с поверхности, анализировали в Центре коллективного пользования при ИВЭП ДВО РАН. Общее количество проб воды составило 142. Содержание аммонийного азота определяли в фильтрованных через мембранные фильтры (0.45 мкм) пробах воды фотометрически в виде индофенолового синего по ПНД Ф 14.2.4.209-05 [5].

Результаты и обсуждение

Гидрологический режим р. Амур у г. Хабаровск характеризуется неравномерным распределением водного стока в течение года. В 2018–2019 гг. в гидрологическом режиме реки (рис. 1) отчетливо выделялись глубокая зимняя межень, очень слабое по-

ловодье, более растянутое в 2018 г., и ряд преимущественно небольших паводков. Летняя межень была слабо выражена в 2018 г., а в 2019 г. она отсутствовала, но наблюдался очень сильный паводок, сформированный преимущественно в бассейнах рек Сунгари и Уссури и вызвавший сильное наводнение.

Рис. 1. Уровни воды р. Амур у г. Хабаровск в 2018–2019 гг.

Fig. 1. Water levels of the Amur River near Khabarovsk in 2018–2019

В зимнюю межень 2018 г. наименьший уровень воды р. Амур достигал -139 см вследствие низкой водности в 2017 г. (максимальный уровень не превышал 270 см). В зимнюю межень 2019 г. водность Амура была несколько выше, хотя из-за влияния оползня на Бурейском водохранилище среднеянварский расход воды р. Бурей был самым низким после 2008 г. (564 м³/с). Ниже уровни воды р. Амур были в 2012 и 2015 гг. (до -150 см).

В зимнюю межень содержание аммонийного азота варьировало в пределах 0.07–0.37 мгN/дм³, т.е. было ниже ПДК, и по сравнению с 2011–2013 гг. снизилось в 1.9 раза. Максимальное значение отмечалось в январе маловодного 2018 г. (рис. 2).

В течение ледостава содержание аммонийного азота существенно менялось. В 2018 г. оно постепенно снижалось по всей ширине Амура, за исключением левобережной части, где из-за влияния зарегулированных рек Зея и Бурей держалось на уровне 0.16–0.17 мг N/дм³. В 2019 г. ситуация была противоположной, и максимальное значение наблюдалось в конце ледостава (рис. 2). Такие большие межгодовые различия в поведении аммонийного азота в условиях стабильных расходов воды рек Зея и Бурей могли быть связаны с хозяйственной деятельностью в бассейне р. Сунгари.

Река Сунгари влияет и на распределение содержания аммонийного азота по ширине Амура, которое проявляется в максимальном его значении в центральной части русла (рис. 2). В середине января 2018 г. на фарватере концентрация была в 2.3 раза выше по сравнению с левобережной частью русла, в конце января – в 1.6 раза. Различия содержания на фарватере и правобережной части в это время были меньше – в 1.2 и 1.5 раза соответственно. Такие особенности распределения концентраций аммонийного азота по ширине реки связаны со значительным влиянием рек Зея и Бурей на левобережную часть, а р. Уссури – на правобережную часть Амура.

В январе 2019 г. содержание аммонийного азота не превышало 0.15 мг N/дм³, различия концентраций между средним и левобережным участками Амура были незначительными (>0.06 мг N/дм³), а в феврале и вовсе незаметными. Наибольшие различия (до 0.14 мг N/дм³) по ширине реки появляются в середине марта. Повышение неоднородности распределения концентраций, вероятно вызванное активизацией хозяйственной деятельности в бассейне р. Сунгари, отмечалось в конце ледостава в маловодные зимы в 2015–2016 гг.

Весеннее половодье в 2018–2019 гг. из-за малых запасов влаги в снежном покрове характеризуется коротким по времени небольшим подъемом воды (рис. 1). Присутствие аммонийного азота отмечалось в апреле–мае лишь в правобережной части Амура с макси-

Рис. 2. Распределение содержания аммонийного азота от правого берега до левого у г. Хабаровск в 2018–2019 гг. Здесь расстояние от правого берега: 350, 500, 700, 900, 1100 м

Fig. 2. Distribution of ammonium nitrogen content from the right bank to the left bank near Khabarovsk in 2018–2019. Here, the distance from the right bank is: 350, 500, 700, 900, 1100 m

мальными значениями 0.05 мг N/дм^3 . В средней и левобережной части Амура содержание аммонийного азота было ниже предела обнаружения (0.04 мг N/дм^3), т.е. основной вклад в его сток вносила р. Усури.

Летняя межень на р. Амур при низких уровнях воды за счет незначительных запасов влаги в снежном покрове в предшествующие зимы и промерзания подземных вод может наблюдаться в любой месяц, чаще бывает в июне или июле. В июне 2018 г. она отмечалась при уровне -118 см. В это время содержание аммонийного азота в воде по ширине Амура резко снижалось за счет потребления фитопланктоном и находилось яниже предела обнаружения. В 2019 г. летняя межень практически отсутствовала (рис. 1).

Спецификой природных условий бассейна Амура являются наводнения, охватывающие большие пространства и имеющие частую повторяемость (1 раз в 5 лет на верхнем Амуре, 1 раз в 3–4 года на Среднем Амуре, каждые 1.5–2.0 года – на Нижнем Амуре). Формирование наводнений обусловлено выходом в июле–сентябре восточно-азиатских муссонов, вызывающих обильные осадки на большей части бассейна реки. Помимо циклонической деятельности, их возникновению способствуют густая речная сеть, горный рельеф, наличие мерзлых пород на севере и суглинистых грунтов на юге, резкое падение уклонов и малая высота берегов на Среднем Амуре. У Хабаровска обычные наводнения наблюдаются при уровне воды 400 см, сильные – 500 см, очень сильные – 590 см [6]. Максимальный уровень воды (808 см) отмечался во время исторического наводнения 2013 г., после которого близкое к сильному наводнение было в 2018 г., очень сильное – в 2019 г.

Наводнение на Верхнем Амуре в 2018 г., вызванное ливневыми осадками в июле (в г. Чита выпало 334 мм при норме 104 мм), вызвало затопление населенных пунктов Шилкинского, Карымского и Нерчинского районов Забайкальского края, разрушение и повреждение мостов [7]. По данным Забайкальского Росгидромета уровень воды в р. Чита (405 см) являлся максимальным с 1936 г. [8]. В районе Хабаровска наибольший уровень

воды (483 см) наблюдался 7 августа, в отличие от наводнения 2013 г. влияние остальных крупных притоков Амура в это время было минимальным. Выделялся этот паводок и крайне резким подъемом и спадом уровня воды (рис. 1).

В районе г. Хабаровск на подъеме паводка при уровне 323 см отмечалось наибольшее за период открытого русла содержание аммонийного азота (до 0.1 мг N/дм³) в средней и правобережной части Амура (рис. 2). Такой рост концентрации мог быть вызван поступлением с затопленных сельскохозяйственных угодий и населенных пунктов Забайкальского края. Как свидетельствуют наблюдения на р. Ингода в августе 2016 г., ниже устья р. Чита содержание аммонийного азота возрастает с 0.33 до 0.44 мг N/дм³ [9].

Значительно меньшим было содержание аммонийного азота на гребне этого паводка. В правобережной части Амура оно не превышало 0.05 мг N/дм, на остальных участках реки находилось ниже предела обнаружения (рис. 2). Меньше 0.04 мг N/дм³ было содержание аммонийного азота по всей ширине Амура и в межпаводочный период.

В августе–сентябре 2018 г. выход активного атмосферного фронта на Приморье и экстремально-тайфуна Соулик, а затем тайфуна Джеби вызвали сильные осадки [10], которые сформировали паводки на реках Уссури и Сунгари. В воде р. Амур у Хабаровска на гребне второго паводка при уровне 333 см отмечалось неравномерное распределение аммонийного азота по ширине реки с максимумом содержания в правобережной части (до 0.08 мг N/дм³). Ниже предела обнаружения была его концентрация в левобережной части Амура.

В 2019 г. активизация циклонической деятельности стала причиной обильных осадков (в г. Биробиджан в мае–июле суммарно выпало 602 мм осадков) на обширной территории Приамурья. В результате ливневых дождей на реках Еврейской автономной области (ЕАО) и Хабаровского края прошли паводки с уровнями категории неблагоприятного, местами опасного явления. В это время на р. Амур у Хабаровска отмечались три небольших паводка.

В мае на подъеме первого паводка содержание аммонийного азота в правобережной части Амура возросло до 0.09 мг N/дм³, в то время как в средней и левобережной части реки продолжало оставаться ниже предела обнаружения. Подобное значение отмечалось и на гребне этого паводка в июне на середине Амура за счет влияния р. Сунгари, в то время как в левобережной части реки концентрации были ниже предела обнаружения из-за потребления фитопланктоном. Влиянием его фотосинтетической деятельности было обусловлено и отсутствие аммонийного азота по всей ширине Амура в межпаводочный период.

В остальные паводки концентрации мало отличались от значений первого паводка, небольшие различия наблюдались в распределении по ширине реки (рис. 2).

Очень сильное наводнение стало формироваться в результате влияния активных фронтальных разделов и выхода тайфуна Данас, которые вызвали сильные и очень сильные дожди в районах Хабаровского края, ЕАО и Амурской области. Высокой водности Амура способствовали и повышенные расходы воды р. Бурея, которые ниже ГЭС в июле в среднем составляли 2383 м³/с (максимум достигал 5161 м³/с).

На подъеме этого паводка во второй декаде августа при уровне воды 557 см содержание аммонийного азота в воде Амура так же, как и в межпаводочный период, находилось ниже предела обнаружения.

В августе выход тайфуна Лекима вызвал в бассейнах рек Уссури и Сунгари сильные дожди (в г. Биробиджан выпало 393 мм), которые привели к повышению водности Амура у Хабаровска. Достижению максимального уровня воды также способствовали высокие расходы р. Бурея, которые в среднем составляли 3281 м³/с.

На гребне паводка (642 см, второго после исторического в 2013 г. уровня воды) содержание аммонийного азота продолжало оставаться крайне низким на большей части Амура – ниже предела обнаружения. Сравнение его содержания на гребне наводнений 2013 [11] и 2019 гг. свидетельствует о более низких значениях в 2019 г., т.е. незначительном выносе аммонийного азота водами р. Сунгари.

Снижение уровня воды в р. Амур носило продолжительный характер из-за выхода тайфуна Линглинга, который принес на территорию Хабаровского и Приморского краев, ЕАО интенсивные дожди (в г. Биробиджан за сутки выпало 90 мм осадков). Это вновь привело к повышению содержания аммонийного азота в правобережной части Амура, в то время как в средней и левобережной оно оставалось ниже предела обнаружения.

Заключение

Сезонная изменчивость содержания аммонийного азота в воде р. Амур характеризуется повышенными значениями в зимнюю межень и снижением в период открытого русла. Незначительное повышение содержания отмечается в правобережной и средней части русла р. Амура в половодье и дождевые паводки, сформированные в бассейнах рек Уссури и Сунгари. Пространственная изменчивость содержания выражается в неравномерном распределении по ширине Амура, обусловленном влиянием основных его притоков: р. Уссури – в правобережной, р. Сунгари – в средней и рек Зея и Бурея – в левобережной части русла Амура. Установлена приоритетная роль р. Сунгари в формировании пространственной изменчивости распределения концентрации аммонийного азота по ширине Амура. Отмечено снижение содержания в зимнюю межень 2018–2019 гг. по сравнению с периодом 2011–2013 гг., что свидетельствует об улучшении качества воды р. Амур.

Литература

1. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Трансграничное загрязнение Амура биогенными веществами // География на рубеже веков: материалы XI науч. конф. Иркутск. 2001. С. 184.
2. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Содержание аммонийного азота в воде Среднего Амура в зимнюю межень // География и природные ресурсы. 2003. № 2. С. 93–97.
3. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Многолетняя динамика содержания и стока аммонийного азота в воде Среднего Амура // Водное хозяйство России. 2015. № 2. С. 33–41.
4. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Трансформация химического состава вод Среднего Амура в зимнюю межень после трансграничного загрязнения 2005 года // География и природные ресурсы. 2018. № 1. С. 52–58.
5. ПНД Ф 14:2.4. 209-05 Методика выполнения измерений массовой концентрации аммоний-ионов в пробах питьевых и природных вод фотометрическим методом в виде индофенолового синего. Утв. ФГУ «Федеральный центр анализа и оценки техногенного воздействия», 15.06.2005. [Электронный ресурс]. – <http://docs.cntd.ru/document/556088168> (дата обращения: 05.12.2019).
6. Бойкова К.Г. Наводнения на реках Амурского бассейна // Вопр. географии Дальнего Востока. Хабаровск, 1963. С. 192–259.
7. Бережная Т.В., Голубев А.Д., Паршина Л.Н. Аномальные гидрометеорологические явления на территории Российской Федерации в августе 2018 г. // Метеорология и гидрология. 2018. № 11. С. 132–140.
8. Паводок в Забайкалье стал самым масштабным за всю историю наблюдений. [Электронный ресурс]. – <https://ria.ru/20180710/1524287114.html> (дата обращения: 05.12.2019).
9. Шестеркина Н.М., Шестеркин В.П. Гидрохимия рек нижней части бассейна р. Ингода // Региональные проблемы. 2017. Т. 20, № 4. С. 61–67.
10. Бережная Т.В., Голубев А.Д., Паршина Л.Н. Аномальные гидрометеорологические явления на территории Российской Федерации в сентябре 2018 г. // Метеорология и гидрология. 2018. № 12. С. 123–132.
11. Шестеркин В.П. Изменение химического состава вод Амура в период исторического наводнения в 2013 году // Водные ресурсы. 2016. Т. 43, № 3. С. 287–296.

References

1. Shesterkin, V.P., Shesterkina, N.M. Transboundary pollution of the Amur River with nutrients. *Geography at the turn of the century* / Proc. of the XI scientific conf. Irkutsk, 2001. P. 184. (In Russian)
2. Shesterkin, V.P., Shesterkina, N.M. The content of ammonia nitrogen in the water of the Middle Amur during the winter low water. *Geography and natural resources*. 2003, 2, 93–97. (In Russian)
3. Shesterkin, V.P., Shesterkina, N.M. Long-term dynamics of the content and runoff of ammonium nitrogen in the water of the Middle Amur. *Water sector of Russia: problems, technologies, management*. 2015, 2, 33–41. (In Russian)

4. Shesterkin, V.P., Shesterkina, N.M. Transformation of the chemical composition of the Middle Amur in the winter low water after transboundary pollution of 2005. *Geography and natural resources*. 2018, 1, 52–58. (In Russian)
5. Environmental Federal Regulatory Document 14:2:4. 209-05 Measurement procedure of the mass concentration of ammonium ions in samples of drinking and natural waters by the photometric method in the form of indophenol blue. Approved by Federal State Institution Federal Center for Analysis and Assessment of Technogenic Impact, 15.06.2005. – <http://docs.cntd.ru/document/556088168>. (accessed on 05 December 2019). (In Russian)
6. Boykova, K.G. Floods on the rivers of the Amur basin. In *Questions of the Far East geography*. Khabarovsk, 1963. P. 192–259. (In Russian)
7. Berezhnaya, T.V., Golubev, A.D., Parshina, L.N. Anomalous hydrometeorological phenomena on the territory of the Russian Federation in August, 2018. *Meteorology and hydrology*. 2018, 11, 132–140. (In Russian)
8. The flood in Transbaikalia became the largest in the history of observations. – <https://ria.ru/20180710/1524287114.html>. (accessed on 05 December 2019). (In Russian)
9. Shesterkina, N.M., Shesterkin, V.P. Hydrochemistry of the rivers of the lower part of the Ingoda river basin. *Regional problems*. 2017, 20 (4). 61–67. (In Russian)
10. Berezhnaya, T.V., Golubev, A.D., Parshina, L.N. Anomalous hydrometeorological phenomena on the territory of the Russian Federation in September 2018. *Meteorology and hydrology*. 2018, 12, 123–132. (In Russian)
11. Shesterkin, V.P. Changes in the chemical composition of the Amur waters during the period of the historical flood in 2013. *Water resources*. 2016. Vol. 43, No. 3. P. 287–296. (In Russian)