

**СОДЕРЖАНИЕ И СТОК НИТРАТНОГО АЗОТА
В ВОДЕ РЕКИ АМУР У ХАБАРОВСКА В ПЕРИОД
ОЧЕНЬ СИЛЬНЫХ НАВОДНЕНИЙ**

В.П. Шестеркин, Н.М. Шестеркина

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН,
ул. Дикопольцева, 56, г. Хабаровск, 680000, Россия. E-mail: shesterkin@ivep.as.khb.ru*

Рассмотрено содержание и сток нитратного азота в воде р. Амур у Хабаровска в период очень сильных наводнений в 2013, 2019 и 2020 гг. Показаны значительные вариации концентраций в зависимости от стока и содержания в воде основных формирующих наводнение притоков. Максимальное содержание (0,79 мг N/l) и сток (1200 т/сут) нитратного азота отмечалось на гребне паводка в 2019 году.

**NITRATE NITROGEN CONCENTRATION AND RUNOFF
IN THE AMUR RIVER WATER NEAR Khabarovsk
DURING THE PERIOD OF VERY SEVERE FLOODS**

V.P. Shesterkin, N.M. Shesterkina

*Institute for Water and Ecological Problems FEB RAS,
56 Dikopoltsev St., Khabarovsk, 680000, Russia. E-mail: shesterkin@ivep.as.khb.ru*

The concentration and flow of nitrate nitrogen in the water of the Amur River near Khabarovsk during the period of very severe floods in 2013, 2019 and 2020 are considered. Significant variations in concentrations depending on the runoff and water content of the main flood-forming tributaries are shown. The maximum content (0.79 mg N/l) and runoff (1200 t/day) of nitrate nitrogen was observed at the flood crest in 2019.

Введение

Река Амур – крупнейшая трансграничная река Евразии, сток которой составляет более половины общего стока всех рек Охотского побережья. Поэтому большие экономические преобразования в последние годы в бассейне Амура, в основном в китайской части, не могли не повлиять на сток нитратного азота, содержание которого лимитирует качество поверхностных вод и влияет на биологическую продуктивность рек и озер.

Спецификой природных условий бассейна Амура являются наводнения, охватывающие большие территории и имеющие частую повторяемость (каждые 3 года на среднем Амуре). Появлению наводнений в июле-сентябре способствуют восточноазиатские муссоны, вызывающие обильные осадки на большей части Приамурья. Кроме 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.

Очень сильные наводнения, вызывающие затопление населенных пунктов, у Хабаровска отмечаются при уровнях воды более 590 см (Бойкова, 1963). Наиболее часто такие наводнения отмечались в 50-е годы. В 2013 г. уровень и расход воды (808 см и 46100 м³/с) у Хабаровска превысил исторический максимум за весь период наблюдений. Данное наводнение формировалось в условиях насыщения влагой почв поздней весной и интенсивных ливневых дождей на верхнем и среднем Амуре, характеризовалось последовательным участием паводков на рр. Зея, Бурей, Сунгари и Уссури, их наложением при смещении вниз по течению основной волны амурского паводка. Очень сильные наводнения формировались также в 2019 и 2020 гг. в результате выходов тайфунов.

Гидрохимическая изученность Амура в период очень сильных паводков низкая. Мониторинг Росгидромета у г. Хабаровск в 1951–1975 гг. проводился в основном за содержанием главных ионов и органического вещества на середине реки на пике паводка, редко – на спаде, нитратная форма азота стала изучаться лишь после 1975 г.

Гидрохимические исследования ИВЭП ДВО РАН в 1998–2009 гг. свидетельствовали о повышенном содержании и стоке нитратного азота в воде р. Амур во время сформированных в бассейне р. Сунгари паводков (Шестеркин, Шестеркина, 2002, 2009). В 1998 г. на гребне паводка редкой повторяемости (раз 150 лет) содержание достигало 1,0 мг N/л, сток – 2687 т/сут. Повышенная концентрация нитратного азота отмечалась также в паводки 2002 и 2005 гг. (0,92 и 0,64 мг N/л соответственно). В 2009 г. на пике паводка содержание превышало 0,5 мг N/л, сток составил 703 т/сут, причем длительное затопление поймы (88 дней) обусловило значительный вынос нитратов (Шестеркин, Шестеркина, 2012, 2014).

Целью настоящей работы является изучение содержания и стока нитратного азота в воде р. Амур у Хабаровска в период очень сильных наводнений.

Объекты и методы

Исследования проводили в 2013–2020 гг. на р. Амур у г. Хабаровск ниже ж/д моста на 5–6 равномерно распределенных по ширине вертикалях. Выбор створа был обусловлен тем, что здесь проявляется влияние всех очагов формирования паводков, мониторинг за химическим составом проводится Росгидрометом с 1942 г. Пробы воды брали с поверхности 1–2 раза в месяц. Образцы анализировали в ЦКП при ИВЭП ДВО РАН. В работе кроме авторских использовали материалы по гидрологии Росгидромета за 2013 и 2019 гг.

Результаты и обсуждение

В 2013 г. историческому наводнению предшествовало многоводное половодье, во время которого пойма Амура у Хабаровска находилась под водой 46 дней. После короткого спада уровень воды с отметки 245 см стал постепенно возрастать (рис. 1). В начале паводка доминирование вод верхнего Амура и р. Зея (по 30%), р. Сунгари (25%) в стоке Амура обусловило на середине реки увеличение концентрации нитратного азота до 0,49 мг N/л (Шестеркин, 2016).

В конце второй декады августа в химическом составе вод Амура произошли большие изменения, вызванные влиянием паводка верхнего Амура. Отмечалось снижение средней концентрации нитратного азота с 0,28 до 0,23 мг N/л. Изменилось и ее распределение по ширине реки – наибольшие значения наблюдались в правобережной части русла.

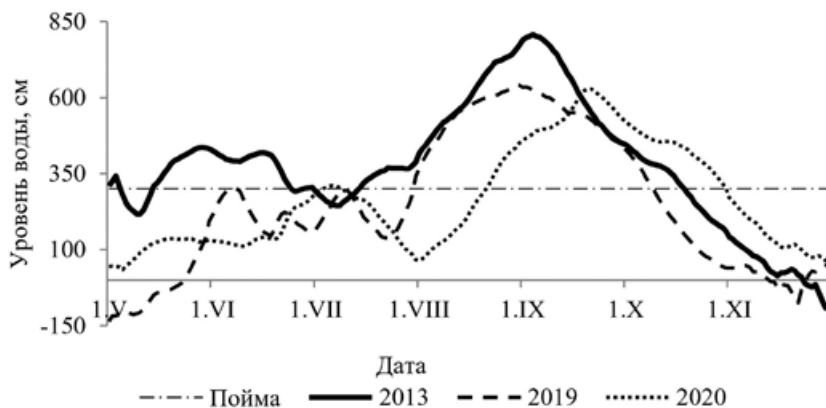


Рис. 1. Изменение уровней воды р. Амур у г. Хабаровск в мае–ноябре 2013, 2019, 2020 гг.

В конце августа при уровне воды 773 см содержание нитратного азота продолжало снижаться, причем в правобережной части Амура в большей степени, чем в левобережной части. Такая трансформация химического состава вод Амура была обусловлена влиянием паводков верхнего Амура, рр. Зея и Уссури.

На гребне паводка содержание нитратного азота в правобережной части и середине Амура резко возросло до 0,31 и 0,46 мг N/л соответственно. В левобережной же части реки его содержание изменялось в узком диапазоне (0,04–0,06 мг N/л). По сравнению с паводками в 1998, 2002 и 2009 гг., содержание нитратного азота было ниже, что могло быть вызвано выносом его в половодье (в мае в китайской части Амура ниже устья р. Сунгари содержание достигало 1,59 мг N/л). Сток нитратов на гребне в сутки составлял 956 т (Шестеркин, 2016).

Повышение содержания нитратного азота в воде на середине Амура свидетельствовало об усилении влияния сунгарийского паводка, вклад которого в это время возрос до 30% (Дугина, 2014). В то же время, одновременный подход максимумов паводков практически всех крупных притоков Амура обусловил резкую неоднородность в содержании нитратного азота по ширине реки (Шестеркин, 2016).

На спаде паводка концентрация нитратов резко повысилась за счет выноса с затопленных сельхозугодий Китая и России. На середине Амура его содержание достигало наибольшего значения (0,54 мг N/л), а длительность паводка (115 дней) обусловила высокий сток нитратного азота (64,6 тыс. т) в Охотское море (Шестеркин, 2016).

В дальнейшем содержание нитратного азота в воде стало постепенно снижаться, по ширине Амура значения сглаживались, хотя максимум продолжал оставаться на середине.

В 2019 г. повышению уровня воды р. Амур у г. Хабаровск (642 см) предшествовали 3 небольших паводка в июне и июле (рис. 1), сформированных выходами циклонов и активных атмосферных фронтов на Приамурье. В результате ливневых дождей на многих реках прошли паводки с уровнями категории неблагоприятного, местами опасного явления.

Во время первого паводка в июне при уровне 261 см среднее содержание нитратного азота составило 0,40 мг N/л, в 2,7 раза было выше, чем в июне 2013 г. Больше содержалось его при уровне 218 см (рис. 2). По ширине реки концентрация распределялась неравномерно, на середине была в 1,8 и 2,1 раза выше, чем у правого и левого берегов соответственно.

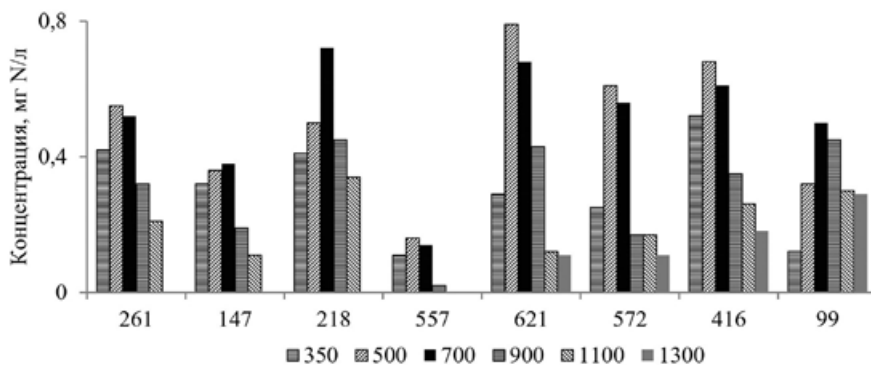


Рис. 2. Распределение концентрации нитратного азота в воде р. Амур от правого берега до левого у г. Хабаровск при разных уровнях воды в 2019 г.

Очень сильное наводнение у Хабаровска (пойма находилась под водой 71 день) стало формироваться в результате влияния активных фронтальных разделов и выхода тайфуна DANAS, которые в июле вызвали в Приамурье очень сильные дожди. Высокой водности Амура в это время также способствовали повышенные расходы воды р. Бурея, которые ниже ГЭС в июле в среднем составляли 2383 м³/с (максимум достигал 5161 м³/с).

На подъеме паводка в августе при уровне 557 см содержание нитратного азота по всей ширине Амура резко снизилось из-за потребления планктоном, причем в левобережной части упало ниже предела обнаружения (0,01 мг N/л). Крайне низкая, в отличие от паводка 2013 г., концентрация была в остальной части Амура (до 0,16 мг N/л). Среднее содержание нитратного азота составило 0,07 мг N/л (Шестеркин, Шестеркина, 2020). Подобная динамика его содержания отмечалась на подъеме паводка в 2013 г. (Шестеркин, 2016), что свидетельствует о значительном влиянии р. Сунгари в период очень сильных наводнений.

В августе тайфуны LEKIMA и KROSA обусловили в бассейнах рр. Уссури и Сунгари сильные дожди, которые вызвали повышение водности Амура. Достижению максимального уровня воды также способствовали повышенные расходы р. Бурея, которые в среднем составляли 3281 м³/с (максимум 5839 м³/с).

На гребне паводка содержание нитратного азота из-за влияния р. Сунгари резко возросло, достигнув у правого берега Амура максимального значения (0,79 мг N/л), которое по сравнению с левобережной частью было выше в 7 раз. Сравнение уровней концентраций на гребне паводков в 2013 и 2019 гг. свидетельствует о более высоком значении в 2019 г., т.е. об усилении хозяйственной деятельности в бассейне р. Сунгари.

Большая длительность паводка привела к выносу значительного количества нитратов. На гребне паводка сток нитратного азота составлял 1,2 тыс. т/сут., т.е. был выше, чем 2013 г. За весь период наводнения сток составил 71,2 тыс.т.

Снижение уровня воды в Амуре (рис. 1) было продолжительным из-за тайфуна LINGLING, который принес в Приамурье обильные осадки. На спаде паводка содержание нитратного азота на середине и у правого берега вначале снизилось, а затем резко возросло по всей ширине реки (рис. 3), достигнув в правобережной части максимума (до 0,68 мг N/л).

Летом 2020 г. появлению очень сильного наводнения на р. Амур (628 см) предшествовали небольшой паводок и глубокая летняя межень (рис. 1). Паводок формировался в южных, местами центральных районах Приамурья в конце июня

в результате выхода циклона с территории КНР. С 3 по 8 июля пойма Амура у Хабаровска находилась под водой (рис. 3). На спаде паводка отмечалось максимальное за все годы мониторинга содержание нитратного азота на середине реки (1,06 мг N/л). Такие особенности химического состава воды могли быть обусловлены выносом солей с сельхозугодий Китая, возможно бассейна р. Нэньцзян, где содержание нитратов иногда достигает 13,2 мг N/л (Baojian Liu, 2013).

Очень сильное наводнение стало формироваться в середине августа (рис. 1) в результате активных фронтальных разделов, вызвавших в Приамурье высокие паводки. Большое влияние на сток Амура, как и в 2019 г., оказала р. Буря, расходы воды которой в среднем составили 2455 м³/с (максимум достигал 5913 м³/с). На р. Амур у Хабаровска в начале наводнения при уровне 450 см содержание нитратного азота по ширине реки из-за влияния рр. Зея, Буря и Уссури распределялось относительно равномерно. Из-за влияния р. Сунгари наибольшее содержание отмечалось на середине Амура (рис. 3), причем, по сравнению с паводками 2013 и 2019 гг., его значение было в среднем ниже на 0,1 мг N/л.

В сентябре бывший тайфун BAVI принес в южные и часть центральных районов Приамурья дожди, местами сильные. Большое влияние также оказали тайфуны MAYSAK и HAISHEN. Это привело к затоплению поймы Амура на глубину от 1,5 до 3,3 м, которая в районе Хабаровска, также как и в 2019 г., находилась под водой 71 день. Расходы воды рр. Зея и Буря, в среднем составляющие 722 и 1626 м³/с соответственно, в отличие от 2013 и 2019 гг. большого влияния на водность Амура не оказали. Поэтому на подъеме паводка при уровне 540 см по всей ширине Амура, кроме левобережной части, отмечался рост концентраций нитратного азота.

В отсутствие больших различий в максимальных уровнях воды в 2019 и 2020 гг., можно предположить, что на гребне паводка 2020 г. сток нитратов составлял 870 т N/сут, т.е. был в 1,4 раза ниже, чем в 2019 году. Такое снижение стока могло быть вызвано выносом его с территории КНР во время паводка в июле, когда содержание было максимальным (рис. 3).

Снижение уровня Амура носило более длительный характер (рис. 1), чем в паводки 2013 и 2019 гг. из-за выхода западного циклона и влияния фронтальных разделов на территории Приамурья. Выше, чем во время этих наводнений было также содержание нитратного азота, что также свидетельствует об усилении хозяйственной деятельности в китайской части бассейна Амура.

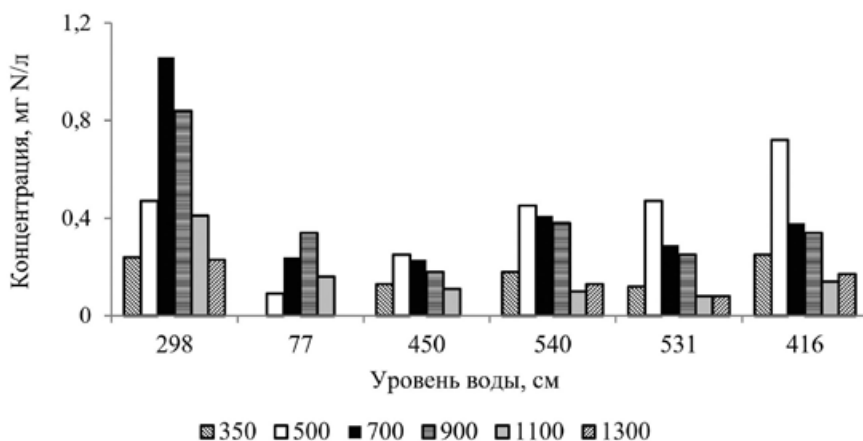


Рис. 3. Распределение концентрации нитратного азота в воде р. Амур от правого берега до левого у г. Хабаровск при разных уровнях воды в 2020 г.

Заключение

Содержание нитратного азота в воде р. Амур у г. Хабаровск в период очень сильных наводнений изменяется в широких пределах из-за больших различий в химическом составе вод основных притоков и их вклада на всех этапах формирования наводнения.

Влияние р. Сунгари во время очень сильных наводнений проявляется в правобережной части и на середине Амура в повышенных концентрациях нитратного азота на гребне и спаде, когда с затопленных сельхозугодий поступает большое количество солей. Максимальное содержание (0,79 мг N/л) и сток нитратного азота (1 200 т/сут) отмечался на гребне паводка в 2019 г. Значительно ниже эти значения были во время исторического наводнения 2013 г. (0,46 мг N/л и 956 т/сут), что свидетельствует об усилении хозяйственной деятельности на территории Кита

Литература

- Бойкова К.Г. 1963.** Наводнения на реках Амурского бассейна // Вопросы географии Дальнего Востока. Сб. пятый. Хабаровск: кн. изд-во. С. 192–259.
- Дугина И.О. 2014.** Выдающееся наводнение на Амуре 2013 года и его особенности. Взгляд гидролога // Наводнение 2013. Талакан: Русгидро. С. 41–57.
- Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. 2002.** Максимальный ионный сток Среднего Амура // Биогеохимические и геоэкологические исследования наземных и пресноводных экосистем. Владивосток: Дальнаука. С. 105–115.
- Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. 2009.** Особенности качества воды р. Сунгари // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геоэкология. № 1. С. 50–53.
- Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. 2012.** Пространственная и сезонная изменчивость химического состава воды Среднего Амура // Водное хозяйство России. № 5. С. 18–28.
- Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. 2014.** Многолетняя изменчивость стока нитратного и нитритного азота в р. Амур у Хабаровска // Водные ресурсы. Т. 41. № 4. С. 412–418.
- Шестеркин В.П. 2016.** Изменение химического состава вод Амура в период исторического наводнения в 2013 году // Водные ресурсы. Т. 43. № 3. С. 287–296
- Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. 2020.** Влияние крупных наводнений в районе Хабаровска в 2018–2019 гг. на гидрохимическую структуру вод Амура // Метеорология и гидрология. № 11. С. 92–99.
- Baojian Liu, Cong-Giang Liu, Gan Zhang, Zhi-Ghi Zhao, Si-Liang Li, Jian Nu, Nu Ding, Yun-chao Lang, Xiao-dong Li. 2013.** Chemical weathering under mid-to cool temperate and monsoon-controlled climate: A study on water geochemistry of the Songhuajiang river system, northeast China // Applied Geochemistry. V.13. P. 265–278.