

* * *

УДК 502.175:[556.114:556.166 "321"]

DOI 10.17816/snv202116

Статья поступила в редакцию 20.03.2020

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ МИНЕРАЛЬНЫХ ФОРМ АЗОТА В ВОДЕ СТАРИЦЫ ИШИМЧИК ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ ПАВОДКОВ 2016–2017 ГОДОВ

© 2020

Новик Анастасия Антоновна, студент факультета математики, информатики и естественных наук**Шавнин Алексей Андреевич**, кандидат химических наук,

старший преподаватель кафедры биологии, географии и методики их преподавания

*Ишимский педагогический институт имени П.П. Ершова (филиал)**Тюменского государственного университета (г. Ишим, Тюменская область, Российская Федерация)*

Аннотация. В данной статье отражены результаты исследования экологического состояния старицы Ишимчик, находящейся на территории города Ишим Тюменской области. Приведены данные исследования динамики содержания минеральных форм азота в пробах вод старицы Ишимчик за период лето-осень 2017 года, содержание которых является важным показателем химического состава воды. Присутствие нитрат-ионов, нитрит-ионов и аммиака в больших концентрациях в водах обычно указывает на то, что водоем страдает от загрязнения бытовыми, сельскохозяйственными и промышленными отходами. В 2016 и 2017 годах в старицу поступило большое количество вод от обильных паводков, что могло значительно увеличить концентрации минеральных форм азота. Основные опасения вызывают последствия паводка 2016 года, т.к. для купирования подтопления частного сектора Ишима был прорыт канал для сброса паводковых вод с пострадавшей части города в старицу. Для определения содержания азотсодержащих ионов был использован метод фотометрии. Результаты химического анализа показывают содержание катионов аммония и аммиака (суммарно), нитрит-анионов и нитрат-анионов менее ПДК и смену преобладающей минеральной формы азота с восстановленной на окисленную.

Ключевые слова: азотсодержащие ионы; минеральные формы азота; аммиак; нитрат-ионы; нитрит-ионы; экологический мониторинг; старица Ишимчик; город Ишим; паводок; паводковые воды.

Введение

За последние 5 лет г. Ишим подвергался паводкам в весенний период, которые были вызваны обильным снеготаянием во время оттепелей. Самые крупные паводки произошли веснами 2016–2017 годов. В 2016 году произошел разлив рек Мергень и Карасуль, русла которых расположены к северу от города, что повлекло за собой подтопление западного частного сектора города. Для купирования паводка городской администрацией совместно с губернатором Тюменской области было принято решение произвести сброс паводковых вод в старицу Ишимчик с помощью прорытых по улицам города каналов. В результате в водоем вместе с паводковыми водами попало большое количество азотсодержащих ионов, вымытых с частных участков и септических ям. Это привело к значительному ускорению процесса эвтрофирования летом 2016 года. В 2017 г. причиной паводка стало переполнение Сергеевского водохранилища, расположенного на территории республики Казахстан, выше по течению р. Ишим. Для минимизации ущерба водохранилищу был начат сброс воды, что привело к значительному повышению уровня воды в р. Ишим и к последующему прорыву дамбы в южной части г. Ишима, которая находится в непосредственной близости от старицы. В старицу снова попали паводковые воды, которые, предположительно, должны были содержать меньшее количество азотсодержащих ионов. Таким образом, целью данной работы стало изучение динамики минеральных форм азота в воде старицы Ишимчик для оценки последствий паводков 2016–2017 гг.

Азотсодержащие соединения выступают одним из главных агентов эвтрофирования [1, с. 10; 2, с. 10–11]. Азот находится в водоемах в виде органических

и неорганических соединений. Наибольший интерес представляют аммонийные NH_4^+ , нитритные NO_2^- и нитратные NO_3^- ионы [3, с. 49; 4, с. 39; 5, р. 157; 6, с. 28; 7, с. 52]. Главными источниками нитратов в воде являются органические вещества, бытовые, индустриальные и сельскохозяйственные сбросы, а также минеральные удобрения, используемые на полях и огородах. Азот также является компонентом белков, поэтому при их разложении образуются аммиак, нитриты и, наконец, нитраты [8, с. 44; 9, с. 78; 10, с. 422]. Содержания нитратов, нитритов и аммонийного азота являются важными показателями химического состава воды, которые используются при проведении экологической оценки и нормировании качества природных вод. Анализируя их содержание в водоеме и соотношение между концентрациями азотсодержащих ионов, можно определить, существуют ли предпосылки для развития антропогенного эвтрофирования, и внести вклад в изучение степени трофности водоема [11, с. 180]. Высокие концентрации азотсодержащих ионов будут способствовать развитию процесса антропогенного эвтрофирования, а перевес в содержании восстановленных форм ионов азота над окисленными может свидетельствовать о перенесенном кислородном голодании [12, с. 142–150; 13, с. 69–77; 14, р. 27; 15, с. 80–82].

Цель исследования: изучение динамики минеральных форм азота в воде старицы Ишимчик для оценки последствий паводков 2016–2017 годов.

Объект исследования: поверхностные воды старицы Ишимчик.

Материалы и методика исследований

Местом данного исследования является старица Ишимчик, расположенная на территории города Иши-

Самарский научный вестник. 2020. Т. 9, № 2 (31)

период паводка 2016 года. Столь малое количество проб было определено двумя факторами: действием режима ЧС на момент сбора материала и необходимостью их транспортировки в другой город (Тюмень). Из-за запрета использования лодок и из-за подтопления территории Народного парка отобрать воды с середины старицы и около внутренней части подковообразного изгиба было невозможно.

Все пробы были отобраны в соответствии с ГОСТ 33045-2014 в пластиковые бутылки объемом в 1000 см³, далее помещены в самодельный холодильник и охлаждены до +2...+4°C. В этом холодильнике пробы были транспортированы в лабораторию в городе Тюмень. Химические анализы проб были выполнены менее чем за 24 часа с момента пробоотбора [18, с. 2].

The map shows Narodnyy Park (Народный парк) in green, surrounded by a blue river labeled 'старичья Ишимчик'. Nine numbered points are marked with black dots: №1 at the bottom right, №2 and №3 on the right bank, №4 and №5 at the top, №6, №7, and №8 on the left bank, and №9 at the bottom left. Surrounding streets include 'Морозовская ул.', 'Путейского ул.', 'ул. Ленина', 'ул. Пушкина', 'Гонимых ул.', and 'Автомобилист'. A yellow line at the top represents the railway.

Проба № 1 была отобрана в месте соприкосновения реки Ишим и старицы Ишимчик, там находится труба, через которую производился сброс паводковых вод из старицы в реку в период весеннего паводка 2016 года, а также через эту же точку старица была затоплена со стороны реки Ишим весной 2017 года. Места проб № 2, № 3 и № 9 находятся в частном секторе города, там имеются самодельные помосты, что свидетельствует о том, что местные жители активно пользуются этой водой в бытовых и рекреационных целях. Около точки № 4 располагается несанкционированное складирование бытовых отходов. Пробы № 5–8 соответствуют местам, где производился сброс паводковых вод в старицу Ишимчик в

В пробах исследуемого водоема было получено следующее содержание азотсодержащих ионов (табл. 1). В силу большой занятости сотрудников лаборатории, химический анализ проб первого пробоотбора выполнялся ими без участия авторов статьи. Химический анализ проб второго пробоотбора выполнялся авторами работы лично, на базе той же лаборатории и на том же спектрофотометре.

№ пробы	1-й пробоотбор			2-й пробоотбор		
	C*(NH ₄ ⁺ и NH ₃), мг/л	C*(NO ₂ ⁻), мг/л	C*(NO ₃ ⁻), мг/л	C(NH ₄ ⁺ и NH ₃), мг/л	C(NO ₂ ⁻), мг/л	C(NO ₃ ⁻), мг/л
1	0,027	0,11	0,11	0,019	0,0038	0,4
2	0,17	0,069	0,11	0,023	0,087	2
3	0,14	0,11	<0,1	0,015	0,10	2,9
4	0,13	0,053	<0,1	0,012	0,13	4,3
5	0,056	0,034	<0,1	0,012	0,16	3
6	0,065	0,032	<0,1	0,013	0,15	2,7
7	0,051	0,040	<0,1	0,014	0,16	2,9
8	0,050	0,015	<0,1	0,011	0,016	2,2
9	0,032	0,019	<0,1	0,012	0,16	1

Самарский научный вестник. 2020. Т. 9, № 2 (31)

Полученные результаты химического анализа проб первого пробоотбора свидетельствуют о том, что наибольшая концентрация азотсодержащих элементов отмечается в точках № 2, № 3 и № 4, кроме того, наблюдается перевес в пользу неокисленных форм азота, что свидетельствует о нарушении кислородного режима по итогам зимы 2016–2017 гг. Полученные результаты химического анализа проб второго пробоотбора свидетельствуют о том, что концентрация азотсодержащих ионов вернулась к соотношению, которое характерно для вод с ненарушенным кислородным обменом. Основной формой азота осенью 2017 года является нитрат-анион. Это соотношение можно изучить более детально, если пересчитать концентрации с титра (мг/л, который потребуются для сравнения с ПДК) в более информативную молярную концентрацию. Так как в каждом азотсодержащем ионе содержится один атом азота, то такой способ позволяет более точно оценить соотношение его минеральных форм (рис. 2 и 3).

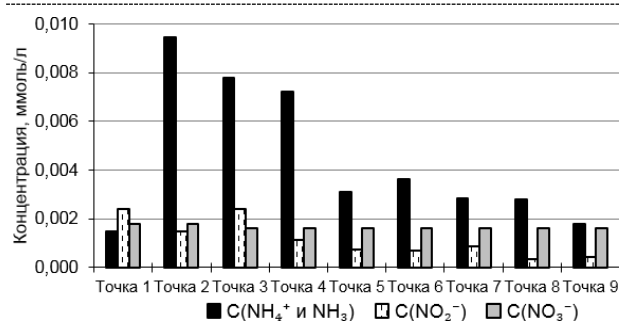


Рисунок 2 – соотношение между минеральными формами азота в пробах 1-го пробоотбора

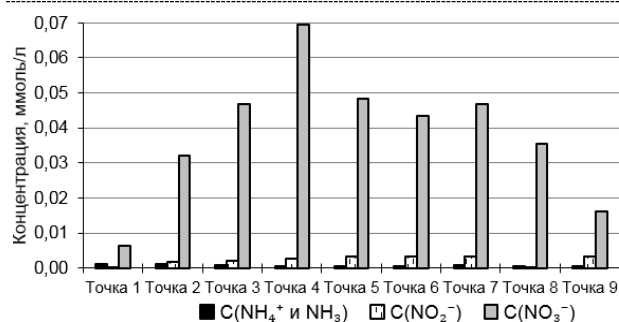


Рисунок 3 – соотношение между минеральными формами азота в пробах 2-го пробоотбора

В пробах первого пробоотбора наблюдается превалирование восстановленной минеральной формы азота, за исключением точки 1. Превалирование восстановленной формы азота в водоеме вызывается недостатком кислорода для его окисления. Недостаток кислорода можно объяснить двумя факторами: во-первых, изоляцией водоема от атмосферного кислорода слоем льда за зиму-весну 2016–2017, во-вторых, последствиями паводка 2016 года, в результате которого водоем попали паводковые воды с частного сектора города Ишим, обогащенные органическим веществом, которое потребовало растворенный кислород старицы на свою минерализацию. Первый пробоотбор был выполнен сразу после паводка весны 2017 года, воды которого должны были содержать малое количество азота, т.к. они попадали в

старицу через трубу в точке 1, соединяющую старицу с рекой Ишим. Это подтверждают низкие концентрации ионов в исследуемых пробах. Кроме того, необходимо отметить превалирование нитрит-аниона, промежуточного продукта окисления азота, в точке 1. Вероятно, это можно объяснить тем, что паводковые воды р. Ишим содержали достаточное количество кислорода для запуска процесса окисления аммония в нитрат в месте смешения вод реки и старицы. В пробах второго пробоотбора наблюдается превалирование окисленной формы азота. Это можно объяснить появлением доступа к атмосферному кислороду за летне-осенний период и малыми концентрациями азотсодержащих ионов после паводка 2017 г., на окисление которых потребовалось меньше кислорода.

Выводы

Во-первых, имеющееся соотношение концентраций изучаемых форм азота на момент 2-го пробоотбора свидетельствует о восстановлении нормального кислородного режима, т.к. наблюдается перевес в сторону его окисленных форм. Это объясняется малым количеством азотсодержащих ионов в воде старицы, оставшихся после паводка 2017 года, и появлением доступа к достаточному количеству атмосферного кислорода в летне-осенний период 2017 года для окисления аммония и аммиака. Однако, судя по превалированию нитрит-анионов в месте смешения вод старицы и р. Ишим, частично этот процесс запустился за счет кислорода, растворенного в паводковых водах.

Во-вторых, концентрации азотсодержащих ионов в пробах 1 и 2 пробоотбора не превышают уровень ПДК (2,0 мг/л по азоту для аммиака, 3,0 мг/л для нитрит-аниона, 45 мг/л для нитрат-аниона) [20, с. 10–11]. Этих концентраций недостаточно для запуска процесса антропогенного эвтрофирования в мезотрофном водоеме.

На основании этих данных можно сделать общий вывод: после паводков 2016–2017 годов концентрации азотсодержащих ионов не превышают ПДК, и они недостаточны для запуска процесса антропогенного эвтрофирования, а смена преобладающей минеральной формы азота с аммония на нитрат-анион свидетельствует о восстановлении нормального кислородного режима к осени 2017.

Список литературы:

1. Хендерсон-Селлерс Б., Маркленд Х.Р. Умирающие озёра. Причины и контроль антропогенного эвтрофирования. СПб.: Гидрометеиздат, 1990. 280 с.
2. Науменко М.А. Эвтрофирование озёр и водохранилищ: учебное пособие. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2007. 100 с.
3. Фрумин Г.Т. Экологическая токсикология (эко-токсикология): курс лекций. СПб.: РГГМУ, 2013. 179 с.
4. Отчет о научном исследовании № 11.G34.31.0036 от 25 ноября 2010 г. (заключительный – 3 этап) «Качество вод в условиях антропогенных нагрузок и изменения климата в регионах Западной Сибири» / под ред. Т.И. Моисеенко. Тюмень, 2012. 287 с.
5. Doblander C., Lackner R., Can J. Oxidation of nitrite to nitrate in isolated erythrocytes: A possible mechanism for adaptation to environmental nitrite // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 1997. Vol. 54, № 1. P. 157–161.

6. Олейник Г.Н., Старосила Е.В. Микробиологическая характеристика водоемов с высокой антропогенной нагрузкой // Гидробиологический журнал. 2005. Т. 41, № 4. С. 70–81.
7. Александров С.В. Влияние климатических изменений на уровень эвтрофирования Куршского залива // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. 2010. Вып. 1. С. 49–57.
8. Даувальтер В.А. Геоэкология донных отложений озер. Мурманск: Изд-во МГТУ, 2012. 242 с.
9. Бацукова Н.Л., Цимберова Е.И., Лебедев С.М. Гигиеническая оценка азотистых показателей воды местного водоснабжения: риск развития метгемоглобинемии у детей грудного возраста // Военная медицина. 2010. № 4. С. 78–81.
10. Грищенко Л.И., Акбаев М.Ш., Васильков Г.В. Болезни рыб и основы рыболовства. М.: Колос, 1999. 464 с.
11. Цветкова Л.И., Алексеев М.И., Макарова С.В., Копина Г.И., Неверова-Дзюпак Е.В. Влияние сточных вод Санкт-Петербурга на эвтрофирование Невской губы // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 1 (30). С. 178–187.
12. Кузнецова М.А., Субботина Ю.М. Микробиологическое самоочищение водоемов // Антропогенное воздействие на экосистемы различного уровня: сб. студ. ст. М.: Издательство РГСУ, 2010. С. 142–150.
13. Драбкова В.Г., Локк С.И., Островская Т.А. Антропогенное воздействие на малые озера. Л.: Наука, 1980. 77 с.
14. Toxic substances management in lakes and reservoirs / Ed. S. Matsui. Shiga: ILEC, 1991. 170 p.
15. Исакова Н.А. О трансформации погруженной растительности при эвтрофировании малых озер Южного Урала // Известия Челябинского научного центра УрО РАН. 2007. Вып. 4 (38). С. 79–83.
16. Моисеенко Т.И., Гашкина Н.А. Формирование химического состава вод озер в условиях изменения окружающей среды. М.: Наука, 2010. 275 с.
17. Шавнин А.А., Паничев С.А. Теоретические основы распределения микроэлементов в системах «вода – донные отложения» фоновых озер Западной Сибири: монография. Ишим: Изд-во ИПИ им. П.П. Ершова (филиал) ТюмГУ, 2016. 132 с.
18. ГОСТ 33045-2014. Вода. Методы определения азотсодержащих веществ. М.: Стандартинформ, 2015. 35 с.
19. ПНД Ф 14.1:2:4.112-97 Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации фосфат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с молибдатом аммония. М., 2011. 13 с.
20. СанПин 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. М., 2002. 62 с.

THE DETERMINATION OF THE NITROGEN-CONTAINING IONS CONCENTRATIONS DYNAMICS IN THE OXBOW OF ISHIMCHIK TO ASSESS THE IMPACT OF 2016–2017 FLOODS

© 2020

Novik Anastasia Antonovna, student of Mathematics, Computer Science and Natural Sciences Faculty
Shavnin Aleksey Andreevich, candidate of chemical sciences,
senior lecturer of Biology, Geography and Methods of Teaching Department
P.P. Ershov Ishim Pedagogical Institute (branch) of Tyumen State University
(Ishim, Tyumen Region, Russian Federation)

Abstract. This paper presents the results of the ecological state study of oxbow Ishimchik, located in Ishim, Tyumen Region. The paper presents data on the nitrogen-containing ions concentrations dynamics in water samples of oxbow Ishimchik over the summer-autumn of 2017, the content of which is an important indicator of the water chemical composition. The presence of nitrate ions, nitrite ions and ammonia in high concentrations in the samples usually indicates that the reservoir suffers from contamination by household, agricultural and industrial waste. In 2016 and 2017 a large amount of water from heavy floods came to the oxbow, which could significantly increase the concentration of mineral forms of nitrogen. The main concern is the flood of 2016 as to stop the Ishim private sector flooding a channel was dug for discharge of floodwaters from the town-affected part into the oxbow. To determine the content of nitrogen-containing ions, the photometry method was used. The results of a chemical analysis show that the content of ammonium and ammonia cations (total), nitrite anions and nitrate anions is less than maximum permissible concentration as well as there is a change in the prevailing mineral form of nitrogen from redoxitized to oxidized.

Keywords: nitrogen containing ions; ammonia; nitrate ions; nitrite ions; environmental monitoring; oxbow Ishimchik; Ishim.