

Интересно отметить, что вариации концентраций Fe в ДО оз. Ламба никак не отразились на закономерностях накопления Pb, график вертикального распределения которого имеет плавный U-образный вид (рис. 3). С другой стороны, в осадках оз. Четырехвёрстного отмечается тесная корреляция между Fe и Pb (рис. 5), а резкие колебания концентраций Pb приходятся на глубину ДО от 12 до 18 см, где происходит переход от органо-силикатного к органо-железистому сапропелю. Приведённые факты можно объяснить, вероятно, тем, что повышение уровня содержания Fe в ДО оз. Четырехвёрстного связано с антропогенным воздействием на водный объект, а ожелезнение отложений оз. Ламба – природное явление, вызванное влиянием подземных вод на формирование химического состава указанного городского водоёма. Таким образом, логично предположить, что природные формы нахождения Fe менее подвержены комплексообразованию с загрязнителями, например Pb, чем формы нахождения Fe, чьё происхождение связано с техногенным воздействием со стороны города.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-00026 мол_а

1. Даувальтер В. А., Кашулин Н. А., Денисов Д. Б. Тенденции изменения содержания тяжелых металлов в донных отложениях озёр Севера Финноскандии в последние столетия // Тр. Карельского науч. центра РАН. 2015. № 9. С. 62-75.
2. Слукowski З. И., Медведев А. С. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в донных отложениях озёр Четырехвёрстного и Ламба (г. Петрозаводск, Республика Карелия) // Экологическая химия. 2015. № 1. С. 56–62.
3. Nriagu J. O. The rise and fall of leaded gasoline // Sci. of The Total Environ. 1990. Vol. 92. P. 13–28.

УДК 550.4

ОЦЕНКА ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩА СТАЙКИ

М. И. Струк, С. Г. Живнач, Г. М. Бокая

Институт природопользования НАН Беларуси, ул. Скорины 10, 220114 Минск, Республика Беларусь; geosystem1@rambler.ru

Природные процессы в совокупности с факторами антропогенного воздействия формируют качество природных вод. Естественным состоянием водоёмов является наличие в растворённом виде минеральных веществ, количество и качество которых зависит в первую очередь от характера подстилающих пород на водосборе, интенсивности биологических процессов и хозяйственной деятельности человека в его пределах.

Качество вод ряда водохранилищ являлось предметом специальных исследований [1, 4, 5], кроме этого экологическое состояние отдельных водохранилищ (Заславское, Дрозды) по гидрохимическим и гидробиологическим показателям регулярно оценивается Республиканским центром радиационного контроля и мониторинга и по бактериологическим показателям – Республиканским центром гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья.

Вместе с тем, наблюдения за качеством вод вдхр. Стайки, расположенного в непосредственной близости к г. Минску и активно используемого для рекреации, не проводятся. Целью исследования является оценка гидрохимического состояния вдхр. Стайки. Для оценки качества воды в нём проведены полевые работы в 2009–2016 гг. по отбору проб воды из водохранилища и р. Тростянки, на которой оно построено, выше и ниже водохранилища. Проанализировано качество вод водохранилища и реки по гидрохимическим показателям. Оценка химического состава вод осуществлялась по таким показателям как концентрация основных ионов, биогенных элементов, уровень кислотности, содержание взвешенных веществ.

Факторы, определяющие предпосылки загрязнения водоёма Стайки, представляют собой достаточно неблагоприятное сочетание для возможного загрязнения водоёма. Вдхр. Стайки характеризуется небольшим объёмом, средним показателем водообмена и малой средней глубиной. Стадия развития вдхр. Стайки определена как высокоэвтрофное с признаками антропогенного загрязнения. Среди всех пригородных водохранилищ вдхр. Стайки испытывает наиболее сильную антропогенную нагрузку, связанную с высокой застроенностью (30 %) и сельскохозяйственной освоенностью территории (47 %), что выступает одним из факторов формирования качества вод вдхр. Стайки и проявляется в химическом составе вод.

Основные ионы. Вдхр. Стайки на протяжении периода наблюдений характеризуется повышенной минерализацией – от 521,7 мг/дм³ в 2009 г. до 790 мг/дм³ в 2014 г., при среднем значении за 2009–2016 гг. – 661,6 мг/дм³. Повышенной минерализацией отличается и вода в питающей водохранилище р. Тростянке (среднее значение за 2009–2016 гг. 740,5 мг/дм³), причём всё время минерализация воды в реке была выше, чем в водохранилище. В то же время после водохранилища минерализация воды снижалась (среднее значение за 2009–2016 гг. 677,7 мг/дм³). На протяжении рассмотренного периода для водоёма выражена внутригодовая динамика общей минерализации: от наибольшей – зимой до наименьшей – летом. Более высокая минерализация в зимний период соответствует гидрохимическому режиму озёр Беларуси.

За всё время наблюдений отмечен в целом рост минерализации воды в водохранилище и в реке, а также рост концентрации основных ионов, особенно HCO_3^- , Cl^- и Na^+ . Данный отрезок времени позволяет говорить о некоторой выраженной тенденции увеличения загрязнения и ухудшения качества воды водохранилища.

Отличительной особенностью вдхр. Стайки является нетипичное для пригородных водоёмов соотношение концентраций основных ионов, что определяет изменение типа вод и позволяет судить о трансформации их химического состава под антропогенным воздействием. Наибольшей концентрации (в мг-экв) достигают ионы HCO_3^- , но в отличие от других водоёмов среди катионов преобладают ионы Na^+ , а не Ca^{2+} . В водохранилище в 84 % проб и в 80 % проб в реке выше водохранилища среди катионов на первом по концентрации месте находились ионы Na^+ . В остальных случаях ионы Na^+ находились на втором месте после ионов Ca^{2+} .

Кроме того в воде вдхр. Стайки и р. Тростянки выше и ниже водохранилища за весь период наблюдений отмечено повышенное содержание Cl^- (без превышения ПДК) и их более высокие концентрации, чем SO_4^{2-} (превышение до 20 раз), что не соответствует естественному гидрохимическому режиму водохранилищ [1] и отражает высокую степень антропогенного воздействия на водоём. Такой химический состав воды вдхр. Стайки и р. Тростянки позволяет предположить существенный вклад застроенной, в том числе городской, территории в загрязнение водоёма. Как было показано [3], преимущественно высокие концентрации ионов Na^+ и Cl^- характерны для сточных вод с городской территории в результате применения противогололёдных смесей.

Для более точного определения воздействия ситуации на водосборе на качество вод, дополнительно в 2013–2016 гг. было выполнено исследование химического состава вод канала, впадающего в р. Тростянку, непосредственно граничащего с территорией полигона ТКО «Тростенец». Как показал анализ, существенный вклад в загрязнение р. Тростянки вносят именно воды канала. При этом трансформация химического состава речных вод происходит именно за счёт поступления вод канала, когда в химическом составе начинают преобладать ионы Na над ионами Ca и существенно возрастает содержание Cl^- (рис. а).

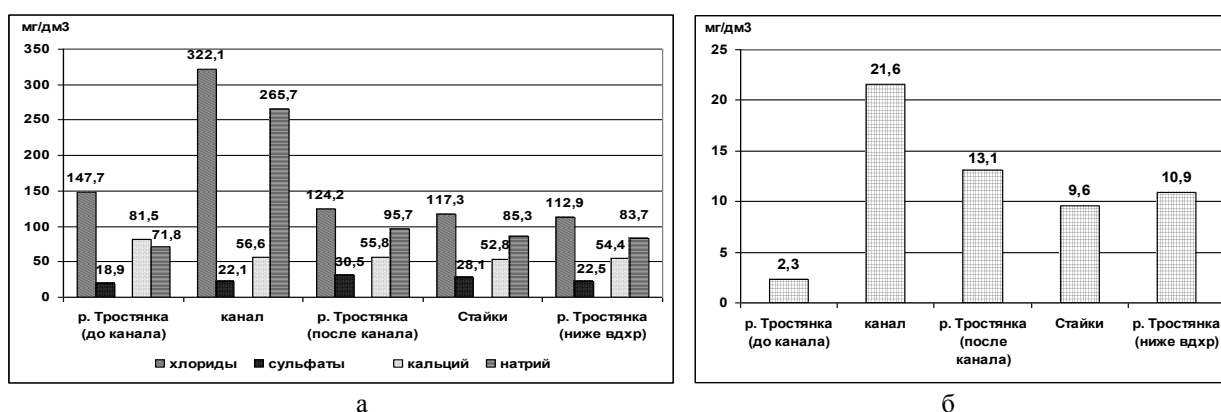


Рисунок – Среднегодовые концентрации основных ионов (а) и аммонийного N (б) в вдхр. Стайки и р. Тростянке, 2009–2016 гг.

Биогенные элементы. Помимо выявленной трансформации вод по концентрации основных ионов, для вдхр. Стайки на основании среднегодовых концентраций аммонийного и нитритного N за

2009–2016 гг. идентифицировано загрязнение водохранилища биогенными веществами. При этом максимальная среднегодовая величина за 8 лет для аммонийного N составила 9,02 мгN/дм³ (23,1 ПДК), нитритного N – 0,222 мгN/дм³ (9,3 ПДК), а их максимальные концентрации достигали соответственно 13,4 мгN/дм³ (34,4 ПДК), 0,4 мгN/дм³ (16,7 ПДК). По аммонийному N отмечались превышения ПДК как для рыбохозяйственных водоёмов, так и для хозяйственно-питьевых и культурно-бытовых. Высокие концентрации фосфатного P были выявлены только в 2010 г. в р. Тростянке. В годичном цикле максимальные концентрации N характерны для конца зимней стагнации. В это время накапливается органическое вещество и сокращается деятельность растений. По результатам исследований в вдхр. Стайки максимальные концентрации N отмечались в зимний и весенний период. Сопоставление концентраций аммонийного N в реке и в водохранилище позволяет сделать вывод о том, что в значительной мере загрязнение водохранилища обусловлено поступлением аммонийного N с речными водами, которые в свою очередь загрязнены под влиянием сложившейся ситуации на водосборе.

Одним из источников загрязнения вод в речном бассейне выступают сельхозудобья, с чем связано заметное увеличение количества аммиачного N, что и наблюдается для вдхр. Стайки, где преобладающей формой N в воде является NH₄⁺, его доля в содержании минерального N составляет около 75 %.

Повышенное содержание в воде нитритов зафиксировано как в водохранилище, так и в р. Тростянке, как и в случае с аммонийным N содержание нитритов в реке выше, чем в водоёме, что указывает на загрязнение водного объекта, т. е. является важным санитарным показателем.

В вдхр. Стайки и в р. Тростянке содержание нитратного N не превышает ПДК, однако для характеристики подверженности водоёмов эвтрофированию используются экологические нормативы содержания в воде водоёмов нитратного N [2]. Согласно данным критериям к классу чистых относятся воды, где его концентрация составляет менее 0,3 мг/дм³. Вода в вдхр. Стайки по экологическим нормативам характеризуется как грязная (более 2,51 мг/дм³) и загрязнённая (0,71–2,5 мг/дм³). По среднему за 2009–2016 гг. содержанию нитратного N (2,3 мг/дм³) – как загрязнённая. Вода в р. Тростянке на протяжении наблюдений характеризовалась похожим качеством воды, с тем различием, что среднее значение концентрации нитратного Na в реке до водохранилища составило 2,77 мг/дм³ (грязная), а в реке после водохранилища – 1,72 мг/дм³ (загрязнённая). В реке после водохранилища дважды (из 21 пробы) содержание N было меньше экологического норматива 0,3 мг/дм³.

Таким образом, выполненный анализ показал высокую степень загрязнения водоёма по гидрохимическим показателям, что согласуется с оценкой высокой потенциальной возможности загрязнения водоёма, опирающейся на факторы формирования качества его вод. Проведённые гидрохимические исследования выявили трансформацию химического состава вод водохранилища, загрязнение биогенными веществами, особенно аммонийным N.

Такое состояние водоёма требует проведения мероприятий по предотвращению загрязнения и улучшению существующей ситуации на водосборе, особенно в связи с тем, что данной территории согласно генплану отводится роль ландшафтно-рекреационной. Судя по характеру загрязнения водоёма, загрязнение происходит в основном за счёт поступления химических элементов с грунтовыми водами, поэтому приоритетными водоохранными мерами для вдхр. Стайки являются использование более совершенных технологий внесения удобрений на водосборе, а также проведение мероприятий, направленных на изолирование загрязняющего влияния полигона твёрдых коммунальных отходов.

1. Широков В. М., Лопух П. С., Базыленко Г. М. и др. Водоохранилища Белоруссии: природные особенности и взаимодействие с окружающей средой / Под ред. В. М. Широкова. Мн.: Университетское, 1991. 207 с.

2. Жукинский В. Н., Оксюк О. П. Методологические основы экологической классификации качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал. 1983. Т. 19, № 2. С. 59–67.

3. Кадацкая О. В., Хомич В. С., Санец Е. В. и др. Ландшафтные воды в условиях техногенеза: монография. Мн.: Белорусская наука, 2005. 347 с.

4. Логинова Е. В. Эколого-географическая оценка состояния поверхностных вод Минской городской агломерации. Мн., 1999. 21 с.

5. Струк М. И., Кадацкая О. В. Оценка химического загрязнения пригородных водоёмов Вилейско-Минской водной системы // Прикладная лимнология / Под общ. ред. П.С. Лопуха. Мн.: БГУ, 2000. Вып. 2. С. 128–134.