

## ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОРОНЕЖСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

© 2019 г. Е.В. Беспалова

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, Россия

**Ключевые слова:** Воронежское водохранилище, инвентаризация, антропогенные источники загрязнения, сточные воды, поверхностный сток, миграция загрязняющих веществ.

Проведена инвентаризация антропогенных источников загрязнения водных экосистем на примере Воронежского водохранилища, испытывающего мощное воздействие окружающей его городской агломерации. Выделены основные источники антропогенного загрязнения акватории водохранилища, приводящие к трансформации качества вод. Пути миграции загрязняющих веществ свидетельствуют об эколого-геохимической взаимосвязанности акватории водоема и прилегающей территории.

По итогам исследования разработана интегральная схема источников антропогенного загрязнения, а также путей перемещения загрязняющих веществ в различных средах и поступления их в водохранилище. Практическая значимость разработанной схемы заключается в возможности ее использования для принятия эффективных управленческих решений в области региональной водохозяйственной политики.

В системе мониторинга и управления качеством водных объектов важное место принадлежит выявлению источников негативного воздействия. Наиболее ярким примером антропогенных изменений природы является загрязнение окружающей среды, которое рассматривается как привнесение в природную среду чуждых веществ и энергии или свойственных ей, но в концентрациях, превышающих фоновые показатели. Под антропогенным источником загрязнения понимается любой объект хозяйственной деятельности, выделяющий в природную среду различные загрязняющие вещества. Основными объектами загрязнения выступают различные компоненты природы (атмосферный воздух, вода, почва, биота), в которых происходят перемещение, аккумуляция, трансформация загрязняющих веществ [1]. Выявление антропогенных источников загрязнения, их характера, мощности, качественного состава загрязняющих веществ и путей их перемещения в окружающей среде является важнейшей и первоочередной задачей при проведении эколого-геохимической оценки влияния прилегающей территории на водную экосистему [2].

Инвентаризация антропогенных источников загрязнения водных экосистем проведена на примере расположенного в городской черте Воронежского водохранилища – крупнейшего в Центральном Черноземье.

### **ИСТОЧНИКИ И ПУТИ ПОСТУПЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ**

Формирование химического состава вод Воронежского водохранилища происходит под воздействием как природных, так и антропогенных факторов, что характерно для любого современного водоема. При этом, если природные факторы (климат, рельеф, почва) за сравнительно небольшой отрезок времени изменяются незначительно и установившиеся в результате их суммарного воздействия взаимосвязи являются относительно устойчивыми, то под влиянием антропогенных факторов интенсивность и характер миграции веществ резко изменяются, нарушая естественное равновесие.

Водные массы Воронежского водохранилища формируются за счет стока р. Воронеж. В течение года из реки в искусственный водоем поступает 2,02 км<sup>3</sup> воды, что в 10 раз превышает постоянный объем водохранилища [3]. Следовательно, гидрохимический режим водоема в значительной степени определяется качеством речной воды. На водосборной поверхности реки выше по течению располагаются города Липецк, Грязи, Мичуринск, Чаплыгин и около 500 мелких населенных пунктов с множеством рекреационных зон, что существенно усугубляет состояние водных экосистем [4, 5]. Наибольшее воздействие на водохранилище оказывает окружающая его Воронежская городская агломерация.

На основе анализа опубликованных материалов можно выделить следующие основные источники антропогенного загрязнения акватории водохранилища:

- промышленные предприятия (производственные сточные воды, в т. ч. подогретые, отходы производства, пылегазовые выбросы, поверхностный сток с промышленных площадок);
- сельское хозяйство (через смыв удобрений и пестицидов с полей, а также животноводческие стоки);
- транспорт (через поставку выхлопных газов, сточных вод при мойке, проливы нефтепродуктов);
- население города и пригородов (отходы потребления, коммунально-бытовые стоки, поверхностный сток с территории жилой застройки).

Загрязняющие вещества, образующиеся от данных источников, поступают в водохранилище различными путями с организованным и неорганизованным стоками. Так, объем организованных сточных вод в отдельные годы доходит до 200 млн м<sup>3</sup>, что сопоставимо с собственным объемом воды в чаше искусственного водоема [3].

Ежегодно в Воронежское водохранилище поступает свыше 70 млн м<sup>3</sup> производственных сточных вод, в т. ч. нормативно чистых 30 млн м<sup>3</sup> [6]. Часть предприятий имеет свои выпуски условно чистых вод в водохранилище, большое количество стоков сбрасывается через Левобережные очистные сооружения. Неэффективность работы как локальных очистных сооружений на предприятиях, так и городских очистных сооружений приводит к поступлению в водохранилище производственных сточных вод с превышением гигиенических нормативов по содержанию нефтепродуктов, солей тяжелых металлов, жиров, синтетических поверхностно-активных веществ, сульфатов, хлоридов и других ингредиентов в десятки раз [7, 8].

Сброс нормативно чистых сточных вод от предприятий теплоэнергетики зачастую приводит к опасному «тепловому» загрязнению воды, вызывающему замор рыбы и «цветение» вод [6]. Экологические особенности сбросов сточных вод ТЭЦ-1 в Воронежское водохранилище изучены А.В. Богатиковым и И.И. Косиновой, выявлена «зона геотемпературной аномалии», активизирующая проникающую способность химических элементов [9].

Согласно программам водоотведения ООО «РВК-Воронеж», ежегодно в водохранилище поступает около 20 млн м<sup>3</sup> загрязненных коммунально-бытовых стоков, в которых содержится большое количество органических веществ и микроорганизмов [10].

В процессе деятельности промышленных предприятий, транспорта, сельского и коммунального хозяйства г. Воронежа и его пригородов образуются отходы объемом более 330 тыс. т/год, которые попадают на полигоны и другие места их размещения, а также на несанкционированные свалки и включаются в биогеохимический круговорот веществ в биосфере [6]. В составе отходов содержатся разнообразные токсические вещества, например, соли тяжелых металлов, пестициды. Загрязняющие вещества поступают в почвенный покров, далее сквозь зону инфильтрации осадков могут проникать в неоген-четвертичный водоносный комплекс и посредством естественного дренирования подземных вод – в поверхностные воды [11].

Значительное количество загрязняющих веществ попадает в водоем из атмосферного воздуха. Согласно статистическим данным, валовый выброс загрязняющих веществ от стационарных источников Воронежа составляет более 11 тыс. т ежегодно, от автотранспорта – более 140 тыс. т [7]. Наиболее крупные предприятия, загрязняющие воздушный бассейн города, сосредоточены в промышленных узлах Левобережного, Коминтерновского и Советского районов. Значительный вклад в загрязнение атмосферы вносят предприятия теплоэнергетики (ТЭЦ-1, ТЭЦ-2), коммунального хозяйства (Правобережные очистные сооруже-

ния ООО «РВК-Воронеж», ООО «Левобережные очистные сооружения»), химической промышленности (ООО «Воронежский шинный завод», АО «Воронежсинтезкаучук»), производства транспортных средств, машиностроения и оборудования (ПАО «ВАСО», ООО «Тяжэкс», ФГУП «Воронежский механический завод») [12].

Основной вклад (более 90 %) в загрязнение воздушного бассейна Воронежа вносят выбросы автотранспорта. В составе отработанных газов содержится более 200 различных химических соединений, прежде всего, оксиды углерода, азота, серы, углеводороды, взвешенные вещества, токсичные тяжелые металлы. Одна часть вредных ингредиентов осаждается в виде пыли различного состава над акваторией водохранилища, другая аккумулируется атмосферными осадками и выпадает вместе с ними над водоемом и на поверхность водосбора. Обнаружено, что после дождя в Воронежском водохранилище концентрации взвешенных веществ превышают ПДК в 3 раза, нефтепродуктов в 2,5 раза, органических веществ в 2 раза [7].

Вредное воздействие автотранспорта на Воронежское водохранилище проявляется также через сточные воды, образующиеся при мойке автомобилей и содержащие взвешенные вещества, нефтепродукты, машинные масла и т. д. Установлено, что только половина автомоек города имеют механическую очистку стоков перед сбросом в городскую канализацию [13]. Также с нарушением законодательных норм ежегодно осуществляется мойка и ремонт автотранспорта на берегах р. Песчанки, впадающей в водохранилище. В результате в речной воде фиксируются превышения ПДК по нефтепродуктам в 66 раз, сульфатам – в 4 раза, меди – в 5 раз, органическим и взвешенным веществам в 5–10 раз. Таким образом, с учетом среднегодового стока реки, достигающего 13 млн м<sup>3</sup>, в водохранилище вместе с ним поступают сотни тонн вредных веществ [14].

Воронежское водохранилище является приемником ливневых и талых сточных вод с жилой и промышленной зон города. Поверхностный сток с урбанизированных территорий по уровню загрязнения сравним с промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами [15]. Ежегодно в водохранилище с поверхностным стоком выносятся свыше 2500 т взвешенных веществ и 48 т нефтепродуктов, в то время как с производственными и коммунально-бытовыми сточными водами после очистки – 600 и 11 т соответственно [7]. С поверхностным стоком, стекающим с промплощадок, в водохранилище поступают воды, загрязненные нефтепродуктами, взвешенными веществами, солями тяжелых металлов. Неочищенные ливневые и талые стоки индивидуального жилого сектора приносят, помимо взвешенных веществ, тонны фосфатов, аммонийного азота и органических веществ. Чаще всего в поверхностном стоке с территории г. Воронежа на-



блюдаются превышения ПДК по нефтепродуктам, железу и аммонии. Организованный через 75 выпусков поверхностный сток с территории Воронежа составляет 40–50 млн м<sup>3</sup>, остальная его часть поступает в водохранилище неорганизованно [7, 12].

При оценке уровня загрязнения поверхностного стока следует отдельно рассматривать дождевой и талый сток в связи со значительными адсорбирующими свойствами снежного покрова [16]. Ранее проведенные автором исследования химического состава снежного покрова различных функциональных зон г. Воронежа и территории складирования вывозимого с улиц города снега показали, что содержание в талых водах хлорид-ионов, нитрат-ионов, иона аммония, ионов меди и цинка, взвешенных веществ намного превышает установленные для них нормативы при сбросе в водоем. Концентрации загрязняющих веществ максимальны в снеге, отобранном с территории «снежной свалки», и превышают фоновые значения от 2,3 до 849 раз по различным показателям. Особенно велико содержание взвешенных веществ (14 517,2 мг/л, Кс = 846,0) и хлоридов (667 мг/л, Кс = 218,7), что обусловлено применением антигололедных реагентов [17].

В периоды весеннего половодья и летних дождевых паводков основными поставщиками биогенных веществ являются сельскохозяйственные угодья, а также территории личных подсобных хозяйств. Их вклад в биогенное загрязнение водных объектов может составлять свыше 70 %. Количество загрязняющих веществ, смываемых в водохранилище с упомянутых территорий, повышает концентрации взвешенных и органических веществ в водах от 5 до 15 раз, нефтепродуктов – до 20 раз, соединений азота и фосфора в 3–5 раз выше нормативных [7]. Также значительное количество органических веществ поступает в водоемы со стоками животноводческих комплексов, ферм, птицефабрик.

Загрязнение водоемов происходит и при эксплуатации речного транспорта. По сравнению с другими источниками, удельный вес этих загрязнений невелик, однако это не исключает возможность попадания в водоем нефтепродуктов, а также мусора.

Эксплуатация водоподъемных станций на водозаборах также приводит к загрязнению водохранилища. Например, в промывных водах, сбрасываемых с водоподъемных станций ВПС-8 и ВПС-11, содержание марганца превышает нормы в 17–27 раз, железа в 1,8–2,6 раза [18].

На рисунке показаны перечисленные антропогенные источники загрязнения, пути перемещения загрязняющих веществ через различные среды и поступления их в Воронежское водохранилище. Разработанная инвентаризационная схема является открытой и может дополняться новыми данными в процессе последующего изучения.

### ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Таким образом, выделены основные источники антропогенного загрязнения акватории Воронежского водохранилища, приводящие к трансформации качества вод: промышленные предприятия, сельское хозяйство, транспорт, население города и пригородов. Загрязняющие вещества, поступающие в окружающую среду от данных источников, попадают в водоем с коммунально-бытовыми стоками, промышленными сточными водами, атмосферными осадками, с талым и дождевым стоком, со стоками предприятий животноводства, подземными водами, с промывными водами ВПС, с водными массами р. Воронеж и малых городских водотоков, испытывающих негативное влияние всех перечисленных выше источников. Показано, что талый сток по своей загрязненности сравним с промышленными сточными водами.

Интегральная схема источников антропогенного загрязнения, а также путей перемещения загрязняющих веществ в различных средах и поступления их в водохранилище применима для других водных объектов, расположенных вблизи городских территорий. Пути миграции загрязняющих веществ через атмосферный воздух, почвенный и снежный покров, под-



земные воды, с поверхностным смывом и непосредственным выпуском сточных вод показывают эколого-геохимическую взаимосвязанность акватории водоема и прилегающей территории. Практическая значимость разработанной схемы заключается в возможности использования результатов исследования для принятия эффективных управленческих решений в области региональной водохозяйственной политики.

Для снижения антропогенного прессинга на Воронежское водохранилище предлагается осуществить следующие меры. Необходимо отказаться от складирования снега на «снежных свалках» ввиду недостаточной гидроизоляции подстилающей поверхности, загрязнения почв, подземных вод и водохранилища. Сократить попадание в водоем неочищенных талых и ливневых вод с промышленных площадок позволит модернизация канализационных и локальных очистных систем. Также необходимо внедрять современные технологии очистки вод на городских очистных сооружениях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Емельянов А.Г. Геоэкологический мониторинг: учеб. пособие. Тверь: Твер. гос. ун-т, 2002. 121 с.
2. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астерия, 1999. 768 с.
3. Дмитриева В.А. Вклад современных гидрометеорологических процессов в геоэкологическое состояние Воронежского водохранилища // Приоритетные направления экологической реабилитации Воронежского водохранилища: мат-лы всерос. научно-практ. конф. Воронеж, 2012. С. 67–74.
4. Сейдалиев Г.С., Ступин В.И. Мониторинг водных ресурсов Воронежской области. Воронеж: Изд-во им. Е.А. Болховитинова, 2005. 184 с.
5. Строгонова Л.Н., Хлызова Н.Ю., Бугреева М.Н. Гидроэкологические проблемы Воронежского водохранилища: оценка роли антропогенных и биотических факторов в пространственно-временной миграции соединений азота и формировании статуса трофии водоема // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. 2001. Вып. 1. С. 104–114.
6. Доклад о природоохранной деятельности городского округа «Город Воронеж» в 2013 году / Управ. по охране окружающей среды департамента общественной безопасности администрации города Воронеж. Воронеж: ВГУ, 2014. 66 с.
7. Доклад о государственном надзоре за использованием природных ресурсов и состоянием окружающей среды Воронежской области в 2015 году / Упр. Росприроднадзора по Воронежской обл., 2016. 146 с.
8. Никольская А.Я., Маркин А.И. Экологическая оценка влияния предприятия пищевой отрасли промышленности на химическое загрязнение окружающей среды // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. География. Геоэкология. Воронеж, 2016. № 1. С. 60–62.
9. Богатиков А.В., Косинова И.И. Экологические особенности сбросов сточных вод ТЭЦ-1 в поверхностные водоемы // Мат-лы второго молодежного инновац. проекта «Школа экологических перспектив». Воронеж. 2013. С. 69–74.

10. *Васильева М.В., Натарова А.А.* Влияние сточных вод на водные объекты в Воронежской области // Наука. Мысль: электр. период. журнал. 2016. № 7.(1). С. 141–145.
11. *Коробкина С.А.* Эколого-геохимические особенности зон влияния объектов хранения твердых бытовых отходов // Геологи XXI века: мат-лы Всерос. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых специалистов. Саратов, 2005. С. 115–117.
12. Доклад о государственном надзоре и контроле за использованием природных ресурсов и состоянием окружающей среды Воронежской области в 2011 году / Упр. Росприроднадзора по Воронежской области, 2012. 95 с.
13. *Прожорина Т.И., Мокеева В.В., Дворникова В.С.* Исследование возможности внедрения оборотной системы водоснабжения на автомойках г. Воронежа // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. География. Геоэкология. Воронеж, 2015. № 1. С. 61–65.
14. *Ступин В.И.* Экологическая обстановка в бассейне рек-притоков Воронежского водохранилища и их влияние на гидрохимический режим водоема // Приоритетные направления экологической реабилитации Воронежского водохранилища: мат-лы всерос. научно-практ. конф. Воронеж, 2012. С. 182–184.
15. Воронежское водохранилище: комплексное изучение, использование и охрана. Воронеж: ВГУ, 1986. 188 с.
16. *Беспалова Е.В.* Влияние талых вод на состояние Воронежского водохранилища // Вода и экология: проблемы и решения. СПб. 2013. № 2. С. 72–80.
17. *Беспалова Е.В.* Влияние талых вод на состояние Воронежского водохранилища и почвенного покрова г. Воронежа / Мат-алы четвертого молодежного инновационного проекта «Школа экологических перспектив». Воронеж: Научная книга, 2015. С. 14–17.
18. *Золоторубова О.Б.* Эколого-гидрогеохимическая структура зоны интенсивного водообмена левобережья Воронежского водохранилища // «Планета Земля: актуальные вопросы геологии глазами молодых ученых и студентов». Москва, 2009. Т. 2. С. 154–159.

**Сведения об авторе:**

Беспалова Елена Владимировна, аспирант, кафедра природопользования факультета географии, геоэкологии и туризма, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет (ФГБОУ ВО ВГУ), Россия, 394018, г. Воронеж, Университетская площадь, 1; e-mail: elena\_bespalova@bk.ru