

О.В. Никитин¹, В.З. Латыпова¹, Р.Р. Шагидуллин², Ш.Р. Поздняков³¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, *ecoanrt@yandex.ru*²Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань³Институт озерадения РАН, Санкт-Петербург, *tbgmaster@mail.ru*

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ИЗЛУЧИНЫ РЕКИ КАЗАНКА КАК ФАКТОРА ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

По данным многолетних геоэкологических исследований показано, что отсеченная излучина р. Казанка представляет угрозу химического загрязнения Куйбышевского водохранилища в зоне санитарной охраны Волжского водозабора. Для обеспечения оперативного контроля и управления экологическим состоянием излучины р. Казанка создано интерактивное программное обеспечение, позволяющее осуществлять оценку и прогноз состояния природно-техногенной гидросистемы по интегральным показателям.

Ключевые слова: геоэкологический мониторинг, водная система, программное сопровождение.

Введение

Создание водохранилищ в интересах энергетики, водного транспорта, ирригации и т.д. является масштабным фактором преобразования как естественных водных объектов, так и сопряженного ландшафта в целом. Куйбышевское водохранилище, являющееся водоемом комплексного назначения, используется водопользователями различных отраслей экономики, в частности, для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. На территории Республики Татарстан функционирует один крупный водозабор из поверхностных водоисточников – Волжский водозабор, обеспечивающий питьевой водой до 80% населения Казани. В зоне санитарной охраны Вол-

жского водозабора осуществляются ежедневная перекачка загрязненных вод из отсеченной излучины р. Казанка, созданной в связи со строительством Куйбышевского гидроузла в 1957 году путем отделения части русла р. Казанка двумя плотинами. Излучина длиной 3,5 км представляет собой цепочку из нескольких водоемов, соединенных между собой протоками, с замедленным водообменом. Эта природно-техногенная гидросистема выполняет функции пруда-накопителя в системе инженерной защиты г. Казань и представляет собой естественную дренажную систему, которая служит целям понижения уровня грунтовых вод прилегающих территорий. Одновременно она выполняет функции регулирующего бассейна, принимавшего на протяжении

Окончание статьи Р.Р. Шагидуллина, В.З. Латыповой, О.В. Никитина, О.Г. Яковлевой «Оценка техногенной нагрузки сточных вод предприятий на Куйбышевское водохранилище»

живается влияние антропогенных биогенов: доля фосфатов в контрольном створе составляет 26,7%. Заметно также увеличение концентрации в контрольном створе специфических органических веществ – фенолов, на 18,2%.

Следует отметить, что предприятие ЗАО Санаторий «Санта», не оказывающее, по данным проведенного анализа, существенной нагрузки на Куйбышевское водохранилище, выявило серьезное влияние на качество воды в 500-метровой зоне от выпуска. Воздействие прослеживается по многим показателям, а по нитратам оно достигает 50%.

Заключение

Сточные воды МУП «Водоканал» г. Казань по всем критериям: по общей нагрузке на Куйбышевское водохранилище, по воздействию на его санитарный режим за счет сброса большого количества органических веществ, аммония и нитритов, а также по привносу наибольшего количества биогенов, способствующих эвтрофикации водоема, оказывают наибольшее воздействие на Куйбышевское водохранилище.

Следующим по степени воздействия является ОАО «Зеленодольск-Водоканал». На третьем и четвертом местах в ряду приоритетных объектов, влияющих на качество вод водохранилища, стоят ОАО «Казанский завод синтетичес-

кого каучука» и предприятие «Чистополь-водоканал».

Следует обратить также внимание на ООО «Спасские коммунальные сети», сбрасывающее в Куйбышевское водохранилище относительно небольшое количество, но весьма концентрированных сточных вод, что может оказать негативное воздействие на экологическую систему водоема непосредственно в месте выпуска сточных вод.

Литература

Оценка качества вод и уровня антропогенной нагрузки предприятий на Куйбышевское и Нижнекамское водохранилища в пределах вод Республики Татарстан. *Отчет о НИР*. Казань: КГУ. 2009. 230.

Шагидуллин Р.Р., Латыпова В.З., Никитин О.В., Яковлева О.Г. Развитие подходов к оценке воздействия промышленных предприятий на водные объекты. *Георесурсы*. № 2(38). 2011. 21-23.

R.R. Shagidullin, V.Z. Latypova, O.V. Nikitin, O.G. Yakovleva. **The evaluation of technogenic load of enterprises wastewaters on Kuibyshev reservoir.**

The evaluation of technogenic load and the influence of sewage output of industrial enterprises on the water quality of Kuibyshev water storage basin in the region of the Republic of Tatarstan are implemented in this work.

Keywords: water quality, waste water, impact assessment, the technogenic load.

более 50 лет неочищенные промышленные, бытовые сточные и ливневые воды со значительной территории водосбора, диффузный сток с земельных садово-огородных участков и снежных отвалов города, складываемых на водосборе, с последующей перекачкой воды непосредственно в пределах границ второго пояса зоны санитарной охраны Волжского водозабора в Куйбышевском водохранилище (Laturova et al., 2001; Поздняков и др., 2003), что запрещено действующими санитарными правилами (Зоны санитарной охраны..., 2002). При существующей сложной и многофакторной системе течений в Куйбышевском водохранилище близость оголовка водовыпуска из излучины к Волжскому водозабору может стать фактором, негативно воздействующим на качество воды водоисточника (Румянцев и др., 2010) и здоровье населения. В связи с этим важное значение приобретает организация мониторинга, исследование геоэкологических аспектов подобных антропогенно нагруженных природно-техногенных гидросистем и разработка подходов к их оздоровлению. Создание подходов к оздоровлению водных объектов включает применение наилучших передовых инновационных разработок, при этом наиболее оптимальный результат достигается продуманным сочетанием методов, их трансформацией к конкретным условиям с учетом специфики объекта (Никитин, 2010).

Целью работы является оценка геоэкологического состояния отсеченной излучины р. Казанка как фактора химического загрязнения Куйбышевского водохранилища в зоне санитарной охраны Волжского водозабора.

При этом ставились следующие задачи: осуществить натурные и экспериментальные обследования экологического состояния экосистем отсеченной излучины р. Казанка как пруда-накопителя в системе инженерной защиты г. Казань; определить уровень загрязнения донных наносов, оценить класс их опасности для окружающей среды и разработать информационно-аналитическую систему для программного сопровождения геоэкологического мониторинга и принятия управленческих решений по восстановлению стабильного функционирования излучины в условиях техногенной нагрузки.

Методика

В ходе экспедиционных выездов и ежесезонных натурных обследований в течение 2006-2009 гг. отбирали пробы воды, донных отложений, гидробионтов для химико-аналитического и эколого-токсикологического исследования. Отбор проб производили на станциях I-III (Рис.), выбранных с учетом размещения источников загрязнения и его гидрологическими особенностями.

Пробы воды и донных отложений отбирали в соответствии с требованиями ГОСТ Р 1592-2000, ГОСТ 17.1.5.05-85, ГОСТ 17.1.5.04-81, ГОСТ 17.1.5.01-80 и РД 52.04.186-89. Химико-аналитические исследования проб воды и донных отложений выполнены на базе аккредитованной лаборатории экологического контроля КФУ (РОСС RU.0001.510958). Элементный состав проб донных отложений определяли с использованием оптического эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой ICP-AES 9000. В работе использовали методики, рекомендо-

Показатель или ингредиент	Участок I	Участок II	Участок III	ПДК или норматив качества воды*
ХПК, мгО ₂ /дм ³	153,8	77,0	60,9	30
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	38,9	19,7	14,7	4
O ₂ , мг/дм ³	1,5	0,8	3,3	4
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	3,7	3,1	3,7	0,5
NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	0,3	0,1	0,1	0,08
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	13,4	8,6	29,6	40
PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	2,1	0,9	2,4	0,2
СГ, мг/дм ³	168,3	75,1	120,9	300
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	256,5	199,9	265,0	100
Fe _{общ.} , мг/дм ³	2,8	2,1	5,7	0,1
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,3	0,7	1,7	0,05
Взвешенные вещества, мг/дм ³	22,0	62,0	18,0	—
pH, ед.	7,5	7,8	7,3	6,5-8,5

Табл. 1. Средние многолетние (за период 2006-2009 гг.) значения показателей качества воды излучины р. Казанка. * – Используются наиболее жесткие нормативы для водоемов разного типа водопользования (рекомендация по РД 52.24.643-2002).

ванные для системы государственного экологического мониторинга, а также аттестованные растворы стандартных образцов. Для оценки отдельных элементов водного баланса (Михайлов и др., 2007) излучины использовали нормативную литературу (Методика расчета..., 2005), фондовые материалы Управления эксплуатации инженерной защиты г. Казань и результаты натурных наблюдений и замеров. Статистическую обработку результатов проводили с использованием компьютерного пакета программы Statistica 8.0.

Результаты исследования

В ходе обработки полученных результатов была выявлена пространственная неоднородность распределения большинства загрязняющих веществ в компонентах геосистемы (воде, донных наносах), определяемая типом и интенсивностью внешнего воздействия, особенностями геоморфологического строения русла и гидродинамическим фактором. Анализ полученных данных позволил разделить водоток условно на три следующих участка (Рис.): I – от Верхней плотины до станции 5; II – между станциями 5 и 6; III – от станции 6 до насосной станции. В пределах участка I формирование качества воды и состава донных отложений вплоть до последних лет определялось пре-

Элемент	Участок I	Участок II	Участок III	Фон ^{а)}	ПДУ _{до} ^{б)}
Cd	3,16	7,18	15,79	1,26	2,2
Pb	21,3	13,5	48,5	21,3	18
Cu	41,1	82,2	546,9	17,4	32
Ni	42,1	67,2	69,8	33,7	53
Co	6,6	4,2	9,7	12,4	13
Zn	57,8	93,6	657,7	59,9	105
Cr	129,4	486,1	384,3	25,7	37
Mn	305,4	152,5	307,4	408,8	-
Fe	8 774	5 856	22 771	19 500	-

Табл. 2. Среднее валовое содержание (мг/кг) металлов в донных отложениях излучины р. Казанка в сравнении с рекомендованными нормативами. ^{а)} Фон – фоновое содержание тяжелых металлов для озерных систем РТ (Иванов и др., 2010); ^{б)} ПДУ_{до} – предельно допустимые уровни содержания тяжелых металлов в донных отложениях водоемов с замедленным стоком (Степанова и др., 2004).

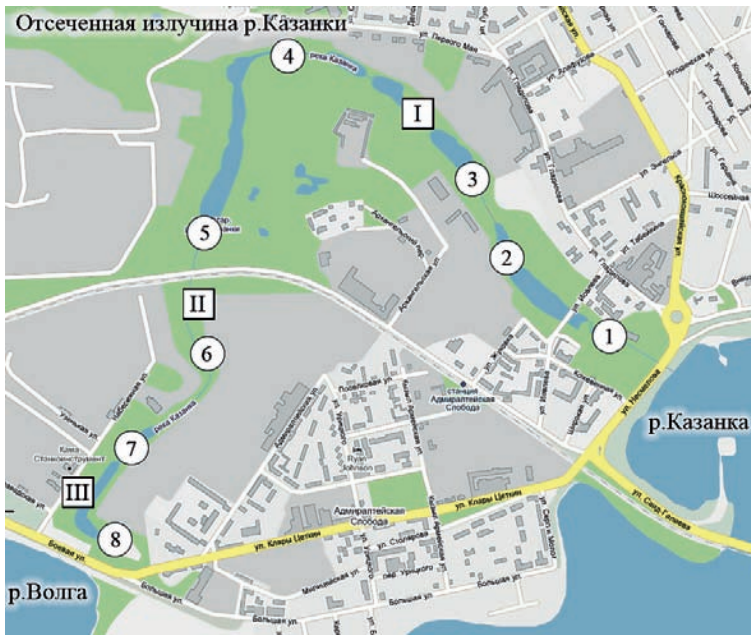


Рис. Карта-схема отбора проб на участках I-III отсеченной излучины р. Казанки. Римскими цифрами обозначены участки излучины, арабскими – станция мониторинга.

имущественно влиянием промышленных и бытовых сточных вод, поступавших от расположенных вдоль берегов 16 предприятий, в т.ч. довольно крупных. В пределах участков II и III определяющим фактором является поверхностный сток.

Качество воды излучины р. Казанка не отвечает требованиям (Предельно допустимые концентрации..., 2003; Водоотведение населенных мест..., 2000; Приказ Росрыболовства, 2009; 2010), предъявляемым к водоемам хозяйственно-питьевого и культурно-бытового пользования, величины нормативов существенно превышены, что показано результатами многолетнего геоэкологического мониторинга (Табл. 1).

Чрезвычайно высокое содержание органических веществ является причиной неблагоприятного кислородного режима вод излучины. В ряде случаев в пределах участка I кислород в воде отсутствовал полностью. Гидрохимические данные свидетельствуют также о подавлении процесса нитрификации, что характерно для столь загрязненных вод. В придонных слоях воды излучины обнаружены значительные концентрации тяжелых металлов (Cd, Pb, Cu, Ni, Co, Be, Zn, Cr, Mn, Fe), по-видимому, это результат вторичного загрязнения воды донными наносами.

Коэффициент комплексности загрязненности воды (РД 52.24.643-2002) излучины на всех станциях на протяжении периода наблюдений (2006-2009 гг.) варьировал в интервале 63,7-66,5% (средние многолетние значения), что указывает на стабильно высокий уровень загрязнения воды излучины во времени и превышение установленных нормативов для большинства изученных показателей. Значения индекса УКИЗВ (удельный комбинаторный индекс загрязненности воды), рассчитанные для интегральной оценки качества воды, для всех створов на участках I-III находятся в пределах 11,5-12,7, т.е. воды излучины в соответствии с принятой в подразделениях Росгидромета методикой (РД 52.24.643-2002) следует отнести к 5 классу качества воды – «экстремально грязным».

Объем сбрасываемых в Куйбышевское водохранилище «экстремально грязных» вод нижнего течения излучины по результатам расчета методом водного баланса составляет в среднем более 16 млн. м³ в год. Между тем, Волжский водозабор обеспечивает питьевой водой до 80% населения мегаполиса г. Казань. Данное обстоятельство, учитывая нередкое явление перемены направления течения на Куйбышевском водохранилище, может служить прямой угрозой снижения качества питьевой воды. Действительно, качество воды Куйбышевского водохранилища в зоне Волжского водозабора (Характеристика качества воды..., 2010) соответствуют 2-му классу (ГОСТ 2761-84, 2006). В паводковый и летний периоды качество воды в этой зоне резко ухудшается и переходит в 3 класс качества.

Донные отложения в соответствии с их составом отнесены к типу «пески заиленные» (Курдин, 1959, с дополнениями Новикова, 1985). Результаты химико-аналитических и эколого-токсикологических анализов проб донных отложений приведены в таблицах 2 и 3. Как можно видеть, зоны максимальной аккумуляции металлов в донных отложениях расположены ниже источников загрязнения, что является

результатом гидродинамических факторов и различной геохимической подвижности элементов. По-видимому, соединения металлов в составе органических взвесей и глинистых минеральных частиц мигрируют по водотоку и осаждаются ниже мест поступления.

Как видно из таблицы 2, донные наносы, сформированные в прежние годы, когда в излучину сбрасывались неочищенные промышленные и канализационные сточные воды, сильно загрязнены тяжелыми металлами, токсичны для живых организмов и представляют собой постоянный источник вторичного загрязнения воды, которое усиливается в анаэробных условиях придонных слоев воды, и риска для живых организмов. Проведенная экспериментальная оценка токсичности в остром и хроническом экспериментах (Табл. 3) позволяет отнести их к 4 классу опасности (Приказ МПР РФ, 2001).

Полученные результаты диктуют необходимость изъятия всего объема донных наносов до горизонтов аллювиальных отложений. В процессе натурных исследований на

Время экспозиции	Участок I	Участок II	Участок III
48 часов (острая токсичность ^{а)})	ЛК ₅₀ ^{б)} =80% КР ₅₀ ^{в)} =1,3 (токсично)	ЛК ₅₀ =27% КР ₅₀ =3,7 (токсично)	ЛК ₅₀ =70% КР ₅₀ =1,4 (токсично)
25 суток (хроническая токсичность ^{б)})	П(контроль) = 8,9		
	П(опыт) ^{д)} = 2,3 (p<0,001, токсично)	П(опыт) = 4,1 (p<0,001, токсично)	П(опыт) = 0 (p<0,001, токсично)

Табл. 3. Показатели токсичности донных отложений излучины р. Казанки. Использованные тест-объекты: ^{а)} *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg, 1900 (Cladocera, Crustacea); ^{б)} *Daphnia magna* Straus, 1820 (Cladocera, Crustacea). Показатели токсичности: ^{а)} ЛК₅₀ – летальная концентрация, отвечающая гибели 50% особей в опыте; ^{в)} КР₅₀ – кратность разведения водной вытяжки (1:4) из донных отложений, при которой наблюдается острая токсичность; ^{д)} П(опыт) – среднее количество народившейся жизнеспособной молоди от одной самки в опыте по сравнению с определенным в контроле – П (контроль).

основе промеров глубин по живому сечению и проведения измерений толщи слоя наносов оценен их объём, составляющий на 2009 г. 122 300 м³.

Для **сопровождения геоэкологического мониторинга** в экосистемах излучины и режимного мониторинга за состоянием воды Куйбышевского водохранилища в зоне санитарной охраны Волжского водозабора создана многокомпонентная интерактивная программа «Экологический паспорт водоема». Информационно-вычислительный алгоритм, основанный на теоретических закономерностях, включает обработку и интерпретацию данных геоэкологических исследований для выявления основных факторов экологического риска водоема, оценки и прогноза состояния природно-техногенной гидросистемы по интегральным показателям (в т.ч. УКИЗВ). Программное обеспечение позволяет оснастить ведение мониторинга упорядоченной и структурированной базой данных с возможностью просмотра и оценки динамики определяемых показателей. В сравнении с традиционными способами работы с результатами исследований, данная разработка существенно упрощает процедуру обработки и интерпретации полученных данных и повышает оценочно-прогностическую надежность выводов путем исключения неоднозначности трактовок, вероятности возможных ошибок, возникающих при традиционных методах вычислений.

Заключение

Таким образом, по результатам многолетних геоэкологических исследований отсеченная излучина р. Казанка представляет собой крупноформатный очаг экологической опасности и является реальным фактором химического загрязнения Куйбышевского водохранилища в зоне санитарной охраны Волжского водозабора. Экологическое состояние исследованной природно-техногенной гидросистемы является неблагоприятным, степень загрязнения ее воды «экстремально высокое», опасность донных наносов крайне высока. Определены водный баланс водоема, объем осадконакопления по всей длине водного объекта и класс опасности донных отложений для оценки целесообразности их извлечения.

Созданное программное обеспечение геоэкологического мониторинга предназначено для оперативного контроля и управления экологическим состоянием излучины р. Казанка и ее выпуска в зоне санитарной охраны Волжского водозабора.

Литература

Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22.06.2000). *СанПиН 2.1.5.980-00*. 2000.

ГОСТ 2761-84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора. Постановление Госстандарта СССР от 27.11.1984 №4013. Москва: Стандартинформ. 2006. 10.

Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения. *СанПиН 2.1.4.1110-02*. 2002.

Иванов Д.В., Зиганшин И.И., Осмелкин Е.В. Региональные фоновые концентрации металлов в донных отложениях РТ. *Ученые записки Казанского ун-та*. Том 152. кн. 1. 2010. 185-191.

Курдин В.П. Классификация и распределение грунтов Рыбинского водохранилища. *Тр. Института биологии водохранилищ*. Вып. 1/4. 1959. 25-37.

Методика расчета гидрологических характеристик техногенно-нагруженных территорий. *СТП ВНИИГ 210.01.НТ-05*. Санкт-

Петербург. 2005.

Михайлов В.Н., Добровольский А.Д., Добролюбов С.А. Гидрология. Москва: Высшая школа. 2007. 463.

Никитин О.В. Современные подходы к восстановлению озерных экосистем. *Мат. VIII между. форума: «Нефть, газ, экология. Промышленная экология и безопасность»*. Казань. 2010. 137-139.

Новиков Б.И. Донные отложения Днепровских водохранилищ. Киев: Наукова Думка. 1985. 172.

Поздняков Ш.Р., Гараев Т.Ф., Игнатъева Н.В., Лыскова У.С. Исследование самоочищения водного объекта в условиях сильного антропогенного загрязнения. *Экологическая химия*. №12 (4). 2003. 224-232.

Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. *Гигиенические нормативы*. ГН 2.1.5.1315-03. 2003.

Приказ МПР РФ от 15.06.2001 №511 «Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды». *Природно-ресурсные ведомости*. №45. 2001.

Приказ Росрыболовства от 04.08.2009 №695 «Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». 2009.

Приказ Росрыболовства от 18.01.2010 №20 «Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». 2010.

РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям». 2002.

Румянцев В.А., Рябченко В.А., Кондратьев С.А., Поздняков Ш.Р. Исследование распространения шлейфов сточных вод на акватории крупного водного объекта. *Сб. мат-ов между. конгресса: «Чистая вода»*. Казань: ВЦ Казанская ярмарка. 2010. 234-239.

Степанова Н.Ю., Латыпова В.З., Яковлев В.А. Экология Куйбышевского водохранилища: донные отложения, бентос и бентосоядные рыбы. Казань: Изд-во Фэн. 2004. 189.

Характеристика качества воды Куйбышевского водохранилища в районе Волжского водозабора. Отчет. Казань: КФУ. 2010. 48.

Latyпова V.Z., Yakovleva O.G., Minakova E.A., Semanov D.A. and Perevedentsev Yu.P. Performance self-cleaning of ability of the river Kazanka. *Environmental radioecology and applied ecology*. Vol.7. № 2. 2001. 15-21.

O.V. Nikitin, V.Z. Latypova, R.R. Shagidullin, Sh.R. Pozdnajkov. **The isolated Kazanka River bend as a factor of the Kuibyshev water reservoir (Tatarstan Republic) chemical pollution: Geo-environmental monitoring.**

The long-term geo-environmental studies have shown that the isolated Kazanka River bend poses a threat of chemical pollution of the Kuibyshev reservoir in the zone of sanitary control of the Volga River water intake. In this work interactive software that allows to evaluate and forecast the state of waterside structure on integral parameters to ensure operational control and management of ecological condition of the Kazanka river bend is presented.

Keywords: geo-environmental monitoring, water system, environmental software.

Шамиль Рауфович Поздняков

к. тех. н., старший научный сотрудник Института озераведения РАН. Научные интересы: экология гидросистем, гидрология, восстановление водных экосистем, технические средства защиты окружающей среды.

420008, Санкт-Петербург, ул. Севастьянова, 9.
Тел.: (812)388-64-22.