

ИССЛЕДОВАНИЕ токсичности СТОЧНЫХ ВОД, ПОСТУПАЮЩИХ в Новосибирское ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Проведен анализ основных источников поступления химических веществ в воды Новосибирского водохранилища. Получена оценка степени очистки сточных вод, поступающих в водохранилище с очистных сооружений г. Каменьна-Оби и пгт. Ордынское, методами биотестирования.

Введение

Новосибирское вдхр., расположенное на юге Западной Сибири, — природно-техногенная система, созданная в середине XX в. в бассейне Верхней Оби. Новосибирское вдхр. на р. Оби (рис. 1) — самый крупный искусственный водоем на территории Западной Сибири. Проблема качества воды в водохранилище стала особенно актуальна в последние годы, когда возросла его роль как источника питьевого водоснабжения. Это потребовало весьма серьезного анализа не только рационального количественного распределения воды, но и глубокого изучения ее качественного состава [1]. Среди источников поступления химических веществ в Новосибирское вдхр. особую опасность вызывают сточные воды предприятий, расположенных в его бассейне. Это связано с возможным влиянием загрязняющих токсичных веществ на экосистему водоема. Именно поэтому особое значение приобретают исследования качества воды Новосибирского вдхр. и источников поступления в него химических веществ.

В последнее время все большее значение приобретают методы прямой оценки токсичности водной среды, т.е. биотестирование качества воды с помощью чувствительных гидробионтов. Возможности биотестов в этой области исключительно велики. Есть все основания полагать, что по мере обработки и унификации биотестов (особенно на основе использования наиболее удобных и доступных для работы в любой лаборато-

А.В. Брянская*,

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук

С.Я. Двуреченская,

кандидат химических наук, доцент, Ученый секретарь Новосибирского филиала ФГБУН Института водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук,

А.В. Пузанов,

доктор биологических наук, профессор, заместитель директора, ФГБУН Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук

рии мелких видов и форм гидробионтов) они прочно войдут в арсенал средств контроля загрязнения и существенно сократят объем трудоёмких и дорогостоящих анализов сточных вод химическими и аппаратными методами. При этом будет решена одна из главных задач борьбы за чистоту водоёмов — контроль источников загрязнения по биологическим показателям.

Очистные сооружения (ОС) г. Каменьна-Оби и пгт. Ордынское принимают хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды, которые после очистки сбрасываются в Новосибирское вдхр. В случае сброса недостаточно очищенных стоков содержащиеся в них загрязняющие вещества могут привести к ухудшению экологического состояния водоема, снижению его способности к самоочищению. В связи с этим целью данной работы явилась оценка степени очистки сточных вод, поступающих в Новосибирское вдхр. с ОС г. Каменьна-Оби и пгт. Ордынское, методами биотестирования.

Материалы и методы исследования

Пробы воды отбирались на ОС на входе и на выпуске вод. Химико-аналитические работы по определению основных гидрохимических параметров выполнялись в аккредитованном отделе по контролю качества природных и сточных вод ФГУ «ВерхнеОбьрегионводхоз» по стандартным методикам анализа пресных вод, т.е. по официально издаваемым методикам выполнения измерений для целей государственного и производственного контроля в области природопользования и охраны окружающей среды в соответствии с ПНД Ф (Перечень нормативной документации. Федеральный) согласно Перечню методик, внесенных в государственный реестр методик количественного химического анализа [2]. Анализ содержания тяжелых металлов проведен атомно-абсорбционным методом в Институте геологии и минералогии СО РАН.

*Адрес для корреспонденции: BAL412003@mail.ru



Рис. 1. Схема Новосибирского водохр.

Методика биотестирования

Для оценки токсичности сточных вод была подобрана трехкомпонентная тест-система, состоящая из организмов различных трофических уровней. Тест-система состояла из прокариотических и эукариотических организмов, хорошо растущих в лабораторных условиях и обладающих высокой чувствительностью к наиболее распространенным загрязнителям природной среды — *Escherichia coli*, *Chlorella vulgaris*, *Avena sativa*. Все перечисленные компоненты давно и достаточно широко применяются для биотестирования [3-8]. Для оценки степени токсичности исследуемых образцов были использованы специальные методы, учитывающие особенности биологии и физиологии тест-организмов. Определение токсической активности исследуемых растворов по отношению *E. coli* проводили диско-диффузионным методом [9], для семян овса использовали методику [10]. Тест на хлорелле проводили по методике, описанной в [7]. Все эксперименты проводили в трехкратной повторности с соблюдением стерильности. Для получения сопоставимых результатов по итогам тестирования рассчитывали индекс токсичности (ИТФ) оцениваемого фактора для каждого тест-организма: $ИТФ = ТФ_o / ТФ_k$, где $ТФ_o$ — значение регистрируемой тест-функции в опыте, $ТФ_k$ — в контроле. Величина ИТФ изменяется от 0 до М, где М — любая положительная величина. По полученному среднему значению ИТФ определяли класс токсичности каждого исследуемого раствора [10].

С.Е. Пельтек,

кандидат биологических наук, заместитель директора, ФГБУН Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук

Результаты и их обсуждение

Характеристика объекта исследований

Основное питание водохранилища происходит через входной створ в районе г. Камень-на-Оби (более 95 %) (рис. 1).

На боковую приточность в пределах самого водоема приходится менее 5 % годовой величины притока. Химический состав воды в Новосибирском водохр. формируется, в основном, за счет основного притока р. Оби. Поступление химических веществ с водой р. Оби в приходной статье баланса является преобладающим (93-95 %) [11]. Нами проанализированы основные источники поступления химических веществ в воды водохранилища [12]. Показано, что даже самый крупный приток Новосибирского водохр. — р. Бердь, не вносит ощутимого вклада в формирование химического состава воды водохранилища. Столь же невелики и гидрогеохимические потоки, ибо подземный годовой водообмен Новосибирского водохр. составляет не более 1 % от полного его объема. Еще одним источником поступления химических веществ в воды Новосибирского водохр. может быть поступление веществ при обрушении берегов. Сравнительный анализ проб воды, отобранных в местах наиболее заметной абразии — в районе п. Сосновка и в районе с укрепленными берегами — п. Ленинское (рассматриваемом как фоновый, где берегозащитные сооружения были введены в эксплуатацию в 2006 г.) за период 2006-2010 гг. показал, что химический состав воды отличается незначительно [12].

Таблица 1

Значения ИТФ и общая токсичность образцов с ОС

| ОС | ИТФ по <i>Escherichia coli</i> | ИТФ по <i>Chlorella vulgaris</i> | ИТФ по <i>Avena sativa</i> | Общая токсичность (ИТФ ср) | Класс токсичности | pH |
|--------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|-----|
| пгт. Ордынское (вход) | 0,6 | 0,22 | 1,05 | 0,62 | III – средняя | 7,5 |
| пгт. Ордынское (выход) | 1,0 | 1,03 | 0,9 | 0,98 | V – норма | 7,5 |
| г. Камень-на-Оби (вход) | 1,1 | 1,72 | 1,05 | 1,29 | VI – стимуляция | 7,9 |
| г. Камень-на-Оби (выход) | 1,0 | 0,95 | 0,95 | 0,97 | V – норма | 7,1 |

Оценка поступления такого приоритетного для Новосибирского вдхр. загрязняющего вещества, как нефтепродукты, показала, что его приток с берегов вряд ли превысит 4-4,5 т в год, тогда как через створ в районе г. Камень-на-Оби поступает в год более 800 т, что также говорит об относительной малости и этого источника загрязнений [13]. По данным 2-ТП (водхоз) не внесут ощутимого вклада в загрязнение воды Новосибирского вдхр. и сбросы предприятий.

Результаты биотестов

По отношению к прокариотам тестируемые пробы ОС г. Камень-на-Оби (вход) являлись стимулирующими, пробы ОС пгт. Ордынское (вход) – ингибирующими. Пробы, прошедшие очистку, давали эффект в пределах нормы (табл. 3). Пробы ОС г. Камень-на-Оби (вход) оказывали стимулирующее действие на все компоненты тест-системы. Пробы ОС пгт. Ордынское (вход) стимулировали рост высших растений, но при этом угнетали рост бактерий и водорослей.

В данном эксперименте прокариоты оказались чувствительны к комплексу веществ, имеющихся в пробах. В табл. 1 приведены результаты оценки токсичности образцов сточных вод до и после их очистки.

В табл. 2 представлены результаты химических анализов проб воды по тем хими-

ческим показателям, по которым выявлены существенные различия.

Известно, что углеводороды влияют на рост и некоторые функции тест-организмов. Так, всхожесть семян овса при биотестировании сред с содержанием нефти 0,5, 5 и 10 % уменьшается в 1,3-1,5 раза, всхожесть семян редьки в 2-2,6 раза [14]. По данным [15] для хлореллы установлена статистически значимая линейная зависимость между данными биотестирования экологического состояния поверхностных вод и результатами физико-химических методов анализов. Выявлена зависимость от концентрации нефтепродуктов в почве таких параметров, как всхожесть семян, вес и длина проростков, развитие корневых волосков. Отмечено, что при массовой доле нефтепродуктов 1 % фитотоксический эффект практически незаметен. В то же время при более высоких концентрациях наблюдалось значительное отставание всхожести семян и развития растений от контрольных параметров. Наиболее выраженный фитотоксический эффект наблюдался при использовании почвы, недавно подвергшейся нефтяному загрязнению [16]. Несмотря на то, что в нашем эксперименте каждый из перечисленных тест-объектов достаточно стабильно реагировал на изменение концентрации загрязняющих веществ и теоретически позволял достаточно точно определить степень загрязнения, часто реакции разных тест-объектов не совпадали. Вероятно, это связано с тем, что одни и те же вещества могут быть более токсичны для

Таблица 2

Результаты химических анализов проб воды с ОС

| Проба/Ингредиент | БПК ₅ , мг/дм ³ | ХПК, мг/дм ³ | Нефтепродукты, мг/дм ³ | Поверхностно-активные в-ва, мг/дм ³ | Zn, мкг/дм ³ |
|--------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------|
| г. Камень-на-Оби (вход) | 23,1 | 109,2 | 0,37 | 0,317 | 50 |
| г. Камень-на-Оби (выход) | 7,7 | 19,6 | 0,104 | 0,076 | 12 |
| пгт. Ордынское (вход) | 42,7 | 170,9 | 1,11 | 1,86 | 276 |
| пгт. Ордынское (выход) | 14,35 | 76,0 | 0,183 | 0,125 | 35 |

одних организмов и менее или нетоксичны для других [17].

Согласно исследованиям интегральной токсичности водной среды, загрязненной нефтепродуктами, именно экспресс-методы выявляют первичную негативную реакцию клеток тест-культуры на анализируемую среду. Более длительный ростовой бактериальный тест не дает столь однозначных результатов. В опытах наблюдается как стимулирующее, так и ингибирующее влияние среды после биодеструкции на тест-культуру. Это свидетельствует о сложности процессов, происходящих при биодеструкции, и о возможной адаптации (выживании и размножении) бактериальных клеток к таким средам. Апробация методики оценки интегральной токсичности загрязненной почвы с использованием высших растений на модельном загрязнении почвы нефтью и дизельным топливом [18] показала, что по чувствительности к таким загрязнениям ряд огородных культур (горчица, салат, укроп) превосходит злаковые (овес, рожь, ячмень). При этом токсичность поллютантов проявляется как в уменьшении всхожести семян, так и в снижении таких показателей роста растений, как длина проростков и корней, а также сухой массы наземной части растений. При использовании в качестве тест-организма горчицы наблюдали заметное снижение токсичности почвы после биодеструкции загрязняющего ее дизельного топлива [18].

В результате проведенных экспериментов установлено, что пробы сточных вод, прошедшие очистку, по ИТФ каждого тест-объекта и по среднему ИТФ относились к V классу токсичности (норма). Пробы, поступающие в ОС г. Камень-на-Оби во всех случаях оказывали стимулирующий эффект (VI класс токсичности). При этом данная проба воды до очистки стимулировала рост хлореллы интенсивнее, чем после очистки. Средний ИТФ проб ОС пос. Ордынское на выходе соответствовал норме, на входе — средней токсичности. Сопоставление данных по биотестированию и химическому составу исследуемых проб (табл. 1 и 2) позволяет сделать вывод, что наибольшая токсичность воды на входе на ОС в пгт. Ордынское может быть обусловлена большим по сравнению с другими пробами содержанием легкоокисляемых органических веществ (по величинам БПК₅), нефтепродуктов, поверхностно-активных веществ, ионов металлов, например, Zn.

Авторы выражают благодарность директору ФГУ «ВерхнеОбьрегионводхоз» А.К.Тризно и начальнику отдела по контролю качества природных и сточных вод Т.М.Бульчевой за предоставление результатов химических анализов проб воды.

Работа поддержана Интеграционными проектами СО РАН №31, 73, 93 и 94.

Литература

1. Савкин В.М. Эколого-географические изменения в бассейнах рек Западной Сибири (при крупномасштабных водохозяйственных мероприятиях). Новосибирск: Наука, 2000. 152 с.
2. Перечень методик, внесенных в государственный реестр методик количественного химического анализа (на 01.02.2009 г.) / Часть I. количественный химический анализ вод. Электронный ресурс: http://www.gosnadzor.ru/about/p_1.doc.
3. Norberg-King T.J. Methods for aquatic toxicity identification evaluations. Phase I toxicity characterization procedure / T.J. Norberg-King, D.I. Mount, E.J. Durhan, G.T. Ankley, L.P. Burkhard, J.R. Amato, M.T. Lukasewycz, M.K. Schubauer-Berigan, L. Anderson-Carnahan // United States Environment Protection Agency. EPA/600/6-91/003: Washington DC, 1991. P. 86.
4. Arkhipchuk V.V. Toxicity assessment of water samples with a set of animal and plant bioassays: experience of the ukrainian participation in the watertox program / V.V. Arkhipchuk, V.D. Romanenko, M.V. Malinovskaya, L.S. Kipnis, V.D. Solomatina, Yu.G. Krot // Ukrainian Experience on WaterTox Program. 2000. V. 15. №4. P. 277- 286.
5. Шеховцова Т.Н. Биологические методы анализа // Биология. 2000. Т. 6. №11. С. 17-21.
6. Michael F.E. Aquatic toxicity testing: understanding and implementing your testing requirement / F.E. Michael, W.G. Ross, A.W. Klimek // N.C. Division of Water Quality. 2001. P. 2-10. Электронный ресурс: http://portal.ncdenr.org/c/document_library/get_file?uuid=94dc8eff-9bbf-43bc-87f3-885ae6cc886ba&groupId=38364.
7. Методика определения токсичности питьевых, природных и сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* beijer). М.: Мин. охраны окруж. среды РФ 2007. 45 с.
8. Kaza M. Toxicity assessment of water samples from rivers in central poland using a battery of microbiotests — a pilot study / M. Kaza, J. Mankiewicz-Boczek, K. Izydorczyk, J. Sawicki // Pol. J. Environ. Stud. 2007. V. 16. №1. P. 81-89.

9. Нетрусов А.И. Практикум по микробиологии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.И. Нетрусов, М.А. Егорова, Л.М. Захарчук. М.: ИЦ Академия. 2005. 608 с.
10. Кабиров Р.Р. Разработка и использование многокомпонентной тест – системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории / Р.Р. Кабиров, А.Р. Сагитова, Н.В. Суханова // Экология. 1997. №6. С. 408–411.
11. Подлипский Ю.И. К вопросу организации и некоторые итоги комплексных исследований Новосибирского водохранилища. В кн.: Комплексные исследования Новосибирского водохранилища // Тр. Западно-Сибирского регионального научно-исследовательского института, 1985. Вып. 70. С. 3-16.
12. Двуреченская С.Я. Анализ роли различных источников поступления химических веществ в воды Новосибирского водохранилища // Сибирский экологический журнал. 2012. №4. С. 473-478.
13. Булычева Т.М. Влияние абразии берегов на качество воды Новосибирского водохранилища / Т.М. Булычева, С.Я. Двуреченская, В.М. Савкин, А.К. Тризно // Тр. 2-й Междунар. конф. «Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водоемов». Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. С. 108-111.
14. Пермяков Н.Н. Биопрепараты, как технология очистки почв при ликвидации нефтяных загрязнений // Мат. IV Междунар. студ. электрон. науч. конф. «Студенческий научный форум», 2012. Электронный ресурс: <http://www.rae.ru/forum2012/pdf/3042.pdf>.
15. Беднаржевский С.С. Системный анализ экологического состояния поверхностных вод в районах нефтедобычи с применением биотестирования / С.С. Беднаржевский, Е.С. Захариков, Н.А. Радченко, В.А. Суздальцев, Н.Г. Шевченко // Вестник новых медицинских технологий. 2010. №1. Электронный ресурс: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2010-1/2332.pdf>.
16. Киреева Н.А. Комплексное биотестирование нефтезагрязненных почв / Н.А. Киреева, Т.Р. Кабиров, И.Е. Дубовик // Теоретическая и прикладная экология. 2007. №1. С. 65-69.
17. Маячкина Н.В. Особенности биотестирования почв с целью их экотоксикологической оценки / Н.В. Маячкина, М.В. Чугунова // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2009. №1. С. 84-93.
18. Холоденко В.П. Разработка биотехнологических методов ликвидации нефтяных загрязнений окружающей среды / В.П. Холоденко, В.А. Чугунов, С.К. Жиглецова, В.Б. Родин, З.М. Ермоленко, В.М. Фомченков, И.А. Ирхина, В.С. Кобелев, В.Я. Волков // Российский химический журнал. 2001. Т. 45. №5-6. С. 135-141.

A.V. Bryanskaya, S.Ya. Dvurechenskaya, A.V. Puzanov, S.E. Peltek

STUDY OF TOXICITY OF WASTEWATER COMING TO THE NOVOSIBIRSK RESERVOIR

Analysis of basic sources of coming chemicals to the Novosibirsk Reservoir is carried out. Treatment rate of waste water coming to the reservoir from treatment facilities of the Kamen town and the Ordynskoe urban settlement was estimated by biotesting.

Key words: toxicity, Novosibirsk Reservoir, biotesting