

Оценка методов для определения уровня загрязнения водоемов

А.Л. ЧЕХОВСКИЙ, Е.А. ЦВЕТКОВА

Отмечено резкое негативное изменение структуры водных биоценозов, снижение биоразнообразия, ухудшение качества воды, вследствие антропогенного воздействия. Показаны две основные группы методов оценки качества воды: дифференцированной оценки - физические и химические, и комплексной - биологические методы. Проведена оценка методом ИТД степени загрязнения пяти водоемов, расположенных вблизи автозаправочных станций г. Гомеля. Полученные результаты исследования могут быть полезны при проведении экологического мониторинга и в природо-охранных мероприятиях.

Ключевые слова: загрязнение воды, электрофизические свойства, модельная эмульсия, поляризация, деполяризация

There was a sharp negative change in the structure of aquatic biocenoses, decrease in biodiversity, deterioration in water quality, as a result of anthropogenic impact. Two main groups of methods for assessing water quality are shown: differentiated estimates - physical and chemical, and complex - biological methods. The assessment of the contamination rate of five reservoirs located near gas stations in Gomel was carried out by the ITD method. The results of the research can be useful in conducting environmental monitoring and in environmental protection activities.

Keywords: water pollution, electrophysical properties, model emulsion, polarization, depolarization.

Введение. Загрязнение пресных вод вызывает тревогу во многих странах мира. В водных экосистемах вследствие антропогенного воздействия происходит резкое негативное изменение структуры водных биоценозов, снижается биоразнообразие, ухудшается качество воды. В некоторых водоемах концентрации взвешенных веществ, нефтепродуктов, сульфатов, фенолов, аммонийного азота,

солей тяжелых металлов может превышать ПДК в 20 раз [1].

Для обеспечения устойчивого развития экосистемы и ее нормального функционирования, прежде всего, необходима разработка, внедрение и постоянное совершенствование способов, критериев и методов оценки качества воды, экологического состояния водоемов и водотоков. Особенно важен контроль загрязнения водоемов и водотоков, расположенных на урбанизированных территориях.

В связи с этим целью работы была оценка методов для определения уровня техногенной загрязненности водоемов.

Основные методы оценки качества воды. Определение качества природных вод состоит в сравнении значений показателей состава и свойств исследуемой воды с существующими нормативными значениями [2].

Существует множество классификаций загрязняющих веществ, но основная классификация с точки зрения идентификации загрязнений - по химическому, физическому и биологическому составу [3], [4]. Оценку физического загрязнения воды проводят по следующим показателям - температура, запах, вкус, мутность, цветность, электропроводимость и т. д. Химическими показателями качества воды являются общее количество растворенных веществ или сухой остаток, активная реакция или рН воды, окисляемость, щелочность, наличие азотсодержащих соединений, хлоридов, сульфатов, железа, марганца, кальция и др. Биологические показатели определяют наличие или отсутствие водных индикаторных организмов, находящихся на поверхности и в толще воды или располагающихся у дна водоема, берегов и на поверхности подводных предметов,

чувствительных к специфическим загрязнениям [5].

В настоящее время можно выделить две основные группы методов оценки качества воды. К первой группе относятся методы, позволяющие оценить качество воды дифференцированно, в виде набора характеристик по отдельным ингредиентам. Данная группа представлена физическими и химическими методами. Ко второй группе относятся методы, позволяющие оценить качество воды одним показателем. Эта группа представлена биологическими методами [3], [6].

Физические и химические методы контроля загрязнения заключаются в отборе образцов и определении в них концентраций химических элементов и соединений или набора определенных характеристик, картировании и мониторинге ореолов загрязнения по аномальным значениям в пробах контролируемых элементов и характеристик. При этом аномальность значений устанавливается по отношению к фоновому уровню, нормативному значению или к предельно допустимым концентрациям [7], [8].

Физические методы анализа воды в основном представлены различными видами спектроскопии. Они основаны на взаимодействии вещества с электромагнитным излучением.

Химические методы анализа воды, как правило, представлены гравиметрическим и титриметрическим анализом [9]—[12].

Физико-химические методы оценки загрязнения воды, как правило, включают в себя электрохимические и хроматографические методы.

Электрохимические методы анализа представлены методами без протекания электродной реакции и методами, основанными на протекании электродной реакции в отсутствие тока и под действием тока.

В основе электрохимических методов анализа и исследования лежат процессы, протекающие на электродах или в межэлектродном пространстве. Известны две разновидности электрохимических методов: без протекания электродной реакции (кондуктометрия) и основанные на

электродных реакциях — в отсутствие тока (потенциометрия) или под током (вольтамперометрия, кулонометрия, электрогравиметрия).

Все электрохимические измерения проводятся с использованием электрохимической ячейки - раствора, в который погружены электроды. На электродах происходят различные физические и химические процессы, о степени протекания которых можно судить путем измерения напряжения, силы тока, электрического сопротивления, электрического заряда, подвижности заряженных частиц в электрическом поле.

Преимуществами физических и химических методов являются: определение физических и химических характеристик в определенный момент времени и их взаимодействии между собой; высокая точность данных; маленькая погрешность.

Способы этой группы позволяют более достоверно выявлять распределение в окружающей среде загрязняющих компонентов и контролировать ореолы загрязнения.

Однако физические и химические методы обладают и рядом недостатков:

- невысокая надежность за счет того, что перечень элементов и соединений, подлежащих контролю, включает от 6 тысяч до нескольких десятков тысяч наименований [13], [14];

- повышение надежности контроля требует значительного увеличения контролируемых показателей, что неизбежно приводит к увеличению стоимости и трудоемкости исследований;

- производится определение только абиотических факторов, что недостаточно для представления полной картины о состоянии воды и ее воздействия на живые организмы.

Биологический метод измерения загрязнения вод осуществляется в рамках направлений, которое получило название биоиндикация и биотестирование.

Эти методы обладают целым рядом преимуществ: позволяют определить сложные комплексные показатели, которые при физико-химических методах определить

невозможно; позволяют быстро установить санитарное состояние воды, определить степень и характер загрязнения и пути его распространения в водоеме; способны дать количественную характеристику протекания процессов естественного самоочищения.

Биотестирование — методический прием лабораторной оценки качества воды по реакциям подопытных организмов с известными и поддающимися учету характеристиками. Данный способ контроля заключается в отборе образцов воды, обработке отобранными пробами материала тестовых организмов и исследовании в лабораторных условиях реакций данных организмов на эту обработку [15]. При этом реакция тестовых организмов служит критерием для выявления ореола загрязнения.

Способы этой группы обладают следующими недостатками:

- невысокая надежность за счет того, что реакция тестового организма в лабораторных условиях не всегда адекватна реакции биоты реального природного объекта;

- отсутствуют универсальные тестовые организмы, дающие однозначную реакцию на широкий спектр загрязняющих веществ;

- высокая трудоемкость способа за счет необходимости соблюдения специальных требований по «чистоте» лабораторных исследований и квалификации исполнителей [16]—[19].

Биондикация — это оценка естественного состояния среды с помощью присутствующих живых организмов. Биоиндикация может осуществляться на всех уровнях организации живого: биологических макромолекул, клеток, тканей и органов, организмов, популяций и сообществ [1], [20].

Способы контроля загрязнения, известные под общим названием «биоиндикация», заключаются в том, что о загрязнении судят по изменению временной и структурнофункциональной организации биоценоза в условиях воздействия загрязняющих веществ. При этом исследуют

присутствие, поведение или интенсивность развития индикаторных организмов, по которым судят о степени загрязнения окружающей среды [15], [21]. При выборе индикаторных организмов исходят из конкретных задач, так как для каждого (специфичного по составу) загрязнения требуется индивидуальный набор индикаторных организмов [15].

Способы этой группы обладают следующими недостатками: низкая воспроизводимость за счет существенного влияния на результаты исследований природно-климатических, сезонных и ландшафтных факторов; значительных расхождений в результатах исследований при применении различных индикаторных организмов; высокая трудоемкость, обусловленная тем, что наиболее достоверные результаты достигаются лишь путем многолетних исследований.

Необходимо отметить, что быстрые колебания степени загрязнения воды плохо уловимы биологическими методами и для их наблюдения лучше подходят физико-химические методы.

Очевидно, что никакой единственный критерий или метод исследования качества воды не может передать всю информацию о сложности многокомпонентной системы поверхностных вод [2], [3], [5]. Анализ методов показал, что на сегодняшний день не предложен универсальный метод, который бы позволял быстро и достаточно достоверно указать на наличие загрязняющих веществ в водоеме. В связи с этим мы считаем интересным применение метода изотермической деполяризации (ИТД), основанного на релаксации заряда в поляризованном диэлектрике. Для реализации метода используют компьютеризированный программно-аппаратный комплекс АИР-1 [22], принцип действия которого состоит в наложении электрического поля на исследуемую жидкодисперсную систему с последующей регистрацией ее отклика.

Следует отметить, что АИР-1 работает в режиме реального времени, а продолжительность эксперимента

составляет 10-30 секунд, при этом осуществляется автоматическое вычисление интегральной и дифференциальной кривой распределения частиц по размерам и выдача результата на экран монитора.

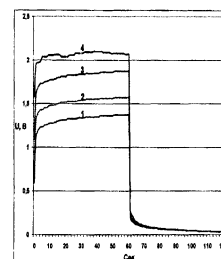
Согласно методике комплексных электрофизических исследований [23], [24], которую реализует АИР-1, для контроля жидкодисперсных систем используют следующие параметры: удельную электрическую проводимость в функции времени $\sigma(t)$; скорость изменения электропроводности $d\sigma/dt$; зависимость электропроводности σ от амплитуды переменного тока $U(A)$ и от частоты $\omega(\text{Гц})$; эквивалентную (приведенную) электропроводность $X = \sigma/c$ и зависимость ее от концентрации $\gamma(c)$; ток деполяризации $I(t)$ и $\ln I(t)$, $dI(t)/dt$; полный дипольный момент единицы объема (P); эффективное время релаксации τ , фактор деполяризации F (величина, коррелирующая с вязкостью системы: $1/F \propto \eta$); тангенс угла диэлектрических потерь $\tan \delta(\omega)$ и $d \tan \delta(\omega) / dt$.

Методика исследования. Данные регистрировали в виде массива значений напряжения в системе за определенный промежуток времени с выведением графических результатов на монитор компьютера. Левая часть полученной таким образом кривой характеризовала процесс поляризации, правая — деполяризации в исследуемой системе. Полученный график давал информацию о характере электрофизических процессов, обусловленных изменением внутреннего строения вещества вследствие поляризации-деполяризации. Считали, что электроды химически инертны и не участвуют в электрохимических реакциях. Дальнейшую статистическую обработку данных проводили с помощью программ *MS Excel 2007* и *Statistica 7.0*.

Результаты исследований и их обсуждение. Перед основной частью исследований проводили серию экспериментов по оценке электрофизических свойств эмульсий

известных марок бензинов различных концентраций в дистиллированной воде. Анализировали вид кривых поляризации-деполяризации для свежеприготовленных модельных эмульсий бензинов АИ-98, АИ-95, ЛИ-92 и дизельного топлива в объемных отношениях к дистиллированной воде 1:100, 1:1000 и 1:10000. Полученные данные соответствуют параметрам нормального распределения величин по критерию Шапиро-Уилка, уровень значимости которого во всех случаях превысил необходимое критическое значение $p > 0,01$. Расчеты показывают, что все полученные показатели описываются функцией нормального распределения величин и являются репрезентативными.

Установлена (рисунок 2) общая тенденция в расположении кривых поляризации-деполяризации. При уменьшении концентрации бензина растет поляризационное напряжение, снижается скорость падения кривой диэлектрических потерь и возрастает напряжение деполяризации. Это означает, что система закономерно стремится к состоянию и характеристикам дистиллированной воды, не содержащей бензина.



1 – бензин/вода = 1:100; 2 – бензин/вода = 1:1000; 3 – бензин/вода = 1:10000; 4 – дистиллированная вода.

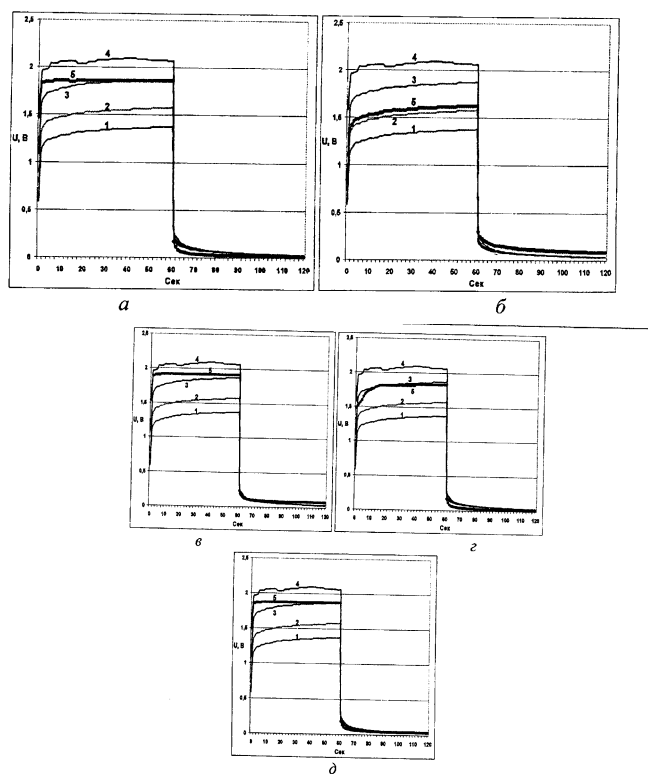
Рисунок 2 – Оценка электрофизических свойств модельных эмульсий бензина АИ-92 в различных объемных соотношениях и дистиллированной воды

Подобным образом в данном диапазоне значений исследуемых электрофизических показателей ведут себя все эмульсии бензинов различных марок и дизельного топлива. Однофакторный дисперсионный анализ указал на достоверные различия между исследуемыми эмульсиями и дистиллированной водой без добавления бензина, т. к. полученные значения эмпирического критерия Фишера были больше его критических значений при уровне значимости $p < 0,05$. Таким образом,

построены эталонные кривые по различным концентрациям известных марок бензинов и дизельного топлива для дальнейшего сравнения и оценки возможного загрязнения водоемов.

В основной серии экспериментов проводили оценку степени загрязненности углеводородами 5 крупных водоемов города Гомеля, 3 из которых находятся в непосредственной близости от автозаправочных станций.

Первым объектом был комплекс озер, расположенных в Новобелицком районе. Кривая поляризации-деполяризации проб, полученных на данном объекте, располагается между эталонной кривой для объемного отношения бензина 1:10000 и кривой для чистой дистиллированной воды, стремясь и частично совпадая с первой кривой (рисунок 3, а).



а – ул. Ильича; б – оз. Дедно; в – район пересечения ул. Федюнинского и ул. Свиридова; г – ул. Народного Ополчения; д – каскад озер на ул. Свиридова; анализируемые пробы: 1 – бензин/вода = 1:100; 2 – бензин/вода = 1:1000; 3 – бензин/вода = 1:10000; 4 – дистиллированная вода; 5 – исследуемая проба

Рисунок 3 – Оценка электрофизических свойств проб воды

В данном случае можно говорить о незначительном содержании нефтепродуктов в исследуемом водоеме, объемное отношение которых составляет менее чем 1:10000 (0,1 мг/л).

Вторым объектом было озеро Дедно, расположенное вблизи пересечения улиц Хатаевича и Мазурова. Установлено, что

кривая поляризации-деполяризации проб, полученных на данном объекте, располагается между эталонными кривыми для объемного отношения бензина 1:1000 и 1:10000, приближаясь к первой кривой (рисунок 3, б). В данном случае можно говорить о том, что объемное содержание нефтепродуктов в месте забора проб на исследуемом водоеме по отношению к воде составляет не менее 1:2000 (0,5 мг/л), что значительно превышает ПДК (0,3 мг/л для органолептического анализа).

Третьим объектом было озеро вблизи пересечения улиц Федюнинского и Свиридова. Кривая поляризации-деполяризации проб, полученных на данном объекте, располагается между эталонной кривой объемного отношения бензина 1:10000 и кривой чистой дистиллированной воды (рисунок 3, в). В данном случае можно говорить лишь о незначительных следовых количествах нефтепродуктов в исследуемом водоеме.

Четвертым объектом было озеро, расположенное по улице Народного ополчения. Вблизи данного объекта не располагается автозаправочная станция, однако пролегают оживленные автомобильные дороги (Ефремова, Народного ополчения, Карастояновой). Установлено, что кривая поляризации-деполяризации проб, полученных на данном объекте, практически полностью совпадает с кривой эталонного объемного отношения бензина 1:10000 (рисунок 3, г).

Пятым объектом был каскад озер по улице Свиридова. Вблизи данного объекта также не располагается автозаправочной станции, однако пролегают оживленные автомобильные дороги (Каменщикова, Свиридова, Макаенка, Бровки). Кривая поляризации-деполяризации проб, полученных на данном объекте, располагается между эталонной кривой объемного отношения бензина 1:10000 и кривой чистой дистиллированной воды, стремясь и частично совпадая с первой кривой (рисунок 3, д)). В данном случае можно говорить о незначительном содержании нефтепродуктов в исследуемом

водоеме, объемное отношение которых на поверхности воды составляет менее 1:10000.

Заключение. В работе представлен метод изотермической деполяризации оценки загрязненности водоемов углеводородами. Установлено, что эмульсии бензинов известных марок и дизельного топлива в воде демонстрируют сходную поляризационно-деполяризационную картину для одних и тех же концентраций. В трех из пяти исследуемых водоемов в городской черте Гомеля обнаружено присутствие углеводородов, не превышающее предельно допустимых концентраций (комплекс озер в Новобелицком парке, озеро по улице Народного ополчения, каскад озер по улице Свиридова). Водоем, находящийся на пересечении улиц Свиридова и Федюнинского, можно считать условно чистым. Беспокойство вызывает состояние озера Дедно, расположенного на пересечении улиц Хатаевича и Мазурова в непосредственной близости от автозаправочной станции. Содержание углеводородов на данном объекте значительно превысило ПДК.

Полученные результаты могут быть полезны при проведении экологического мониторинга и природоохранных мероприятий в городской черте г. Гомеля, в том числе осуществляемых силами специалистами МЧС. Они могут оказаться ценными с точки зрения повышения эффективности контроля эксплуатации автозаправочных станций, а также в случаях аварийных разливов нефтепродуктов по поверхности водоемов.

Используемый метод ИТД для оценки степени загрязнения водоемов можно считать эффективным методом экспресс-анализа, позволяющим определять концентрацию загрязняющих веществ в сравнении с эталонной кривой. Однако для реализации этого метода на практике необходимо разработать эталонную кривую, требующую большой статистики.

Литература

1. Банников, А.Г. Основы экологии и охрана окружающей среды: учебник для

студентов с.-х. вузов / А.Г. Банников, А.А. Вакулин, А.К. Рустамов. - 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Колос, 1996. - 304 с.

2. Сibaгатуллина, А.М. Измерение загрязненности речной воды (на примере малой реки Малая Кокшага): научно-учебное издание / А.М. Сibaгатуллина, П.М. Мазуркин. - М.: Академия Естествознания, 2009. - 71 с.

3. Новиков, Ю.В. Методы исследования качества воды водоемов: руководство / Ю.В. Новиков, К.О. Ласточкина, З.Н. Болдина; под ред. А.П. Шицковой. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Медицина, 1990. - 400 с.

4. Методические указания по установлению эколого-рыбохозяйственных нормативов (ПДК и ОБУВ) загрязняющих веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. - М.: Изд-во ВНИРО, 1998. - 145 с.

5. Фомин, Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам: справочник / Г.С. Фомин, А.Б. Ческис; под ред. С.А. Подлепы. - М.: «Геликон», 1992. - 392 с.

6. Гольдаде, В.А. Физика конденсированного состояния / В.А. Гольдаде, Л.С. Пинчук. - Минск : Беларуская навука, 2009. — 657 с.

7. Саэт, Ю.Е. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин. — М., 1990. — 335 с.

8. Якунина, И.В. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг: учебное пособие / И.В. Якунина, Н.С. Попов. - Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. - 188 с.

9. Лурье, Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю.Ю. Лурьею. - М.: «Химия», 1984.-448 с.

10. Алексеев, В.Н. Количественный анализ / В.Н. Алексеев. — М., 1972. - 254 с.

11. Крешков, А.П. Основы аналитической химии / А.П. Крешков. - М., 1970. - 458 с.

12. Селезнев, К.А. Аналитическая химия. Качественный полумикроанализ и

количественный анализ / К.А. Селезнев. - М., 1973. - 164 с.

13. Лесников, Л.А. Биотестирование в системе охраны вод / Л.А. Лесников // Практические вопросы биотестирования и биоиндикации: тез. докл. всесоюзного симпозиума. — Черногоровка, 1983. — С. 23-27.

14. Форощук, В.П. К вопросу об экологическом нормировании содержания антропогенных веществ в водной среде / В.П. Форощук // Тезисы докладов VII всесоюзного симпозиума по проблемам прогнозирования и контроля качества воды водоемов. - Таллин, 1985. - С. 222-224.

15. Зенин, А.А. Гидрохимический словарь / А.А. Зенин, Н.В. Белоусова. — Л.: Гидрометеиздат, 1988.-240 с.

16. Строганов, Н.С. Теоретические проблемы водной токсикологии / Н.С. Строганов. - Л.: Наука, 1983. - 183 с.

17. Лесников, Л.А. Основные задачи, возможности и ограничения биотестирования / Л.А. Лесников // Теоретические вопросы биотестирования / Под. ред. В.И. Лукьяненко. - Волгоград: Институт внутренних вод, 1983. - С. 3-12.

18. Патин, С.А. Биотестирование как метод изучения и предотвращения загрязнений водоемов / С.А. Патин // Биотестирование природных и сточных вод. - М.: Наука, 1981. - С. 7-16

19. Крайнова, А.Н. Состояние и перспективы применения методов биотестирования для оценки загрязнения водной среды / А.Н. Крайнова // Экологическая химия водной среды. — М.: Госкомиздат, 1988.-С. 108-124.

20. Израэль, Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю.А. Израэль. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. - 330 с.

21. Советский энциклопедический словарь / Под. ред. А.М. Прохорова. — М.: Советская Энциклопедия, 1985.-С. 140.

22. Шаламов, И.В. Программно-аппаратный комплекс АИР-1 для контроля жидкодисперсных систем / И.В. Шаламов, И.Ю. Ухарцева, Е.А. Цветкова, В.А.

Гольдаде // Приборы и техника эксперимента. - 2002. - № 6. - С. 143-144.

23. Sessler, G.M. Electrets / G.M. Sessler. - Berlin: Springer Verlag, 1987. — 453 p.

24. Гольдаде, В.А. Электретные пластмассы: физика и материаловедение / В.А. Гольдаде, Л.С. Пинчук. - Минск: Наука и техника, 1987. - 231 с.

Источник: Чеховский А.Л. Оценка методов для определения уровня загрязнения водоёмов: [о степени загрязнения пяти водоёмов, расположенных вблизи автозаправочных станций г. Гомеля] / А.Л. Чеховский, Е.А. Цветкова // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скоринф. – 2017. – № 6. – С. 68-74.