

УДК 58.04:581.526.3+504.4

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ИШИМСКОГО РАЙОНА ПО ДАННЫМ ФИТОИНДИКАЦИИ И ПРЯМОГО ГИДРОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

© О.Е. Токарь, С.А. Николаенко

Ключевые слова: оценка качества вод; мониторинг; фитоиндикация; факторы среды; озера южной зоны Тюменской области.

Представлены результаты практической апробации методов фитоиндикации для оценки семи водных объектов южной зоны Тюменской области на основе толерантности видов гидромакрофитов к ведущим факторам среды (трофности, сапробности, минерализации и жесткости воды, величине pH). Произведено сравнение показателей (минерализации, жесткости и pH), полученных косвенными (фитоиндикационными) методами со значениями прямого гидрохимического анализа проб воды исследованных озер. В большинстве случаев точность фитоиндикационного метода составляет от 50 до 94 %. Выделенные категории поверхностных вод оценивались тождественно.

ВВЕДЕНИЕ

Рациональное использование и охрана водных ресурсов – одна из важнейших проблем современности, решение которой невозможно без всестороннего исследования водоемов [1].

Усиливающиеся процессы изменения состояния водных объектов на всей территории Западно-Сибирской равнины требуют совершенствования системы мониторинга в целях своевременного выявления и устранения факторов, способных вызвать катастрофические нарушения экосистем [2].

В силу высокой научной и практической значимости проблема оценки качества вод привлекает большое количество исследователей [3].

Современные антропогенные воздействия на водные экосистемы весьма сложны. Оценка качества среды и антропогенных изменений водных экосистем может производиться прямым определением их абиотических параметров физико-химическими методами, а также по биотическим показателям – т. е. на основе методов биоиндикации, когда используется информация о состоянии организмов, популяций и сообществ водной экосистемы. Только сочетание прямых (физико-химических) и косвенных методов (биоиндикации) позволяет эффективно, надежно и объективно оценивать состояние водных объектов [2].

Результатам исследования экологического состояния экотопов водоемов юго-восточной части Тюменской области физико-химическими и фитоиндикационными методами уделяется особое внимание в работах [4–8]. В статье [3] представлены результаты практической апробации методов биоиндикации для оценки водных объектов Тюменской области, дается также критический анализ существующих биоиндикационных подходов и методов.

Крупным современным научно-методическим обобщением по проблеме фитоиндикации состояния водных объектов является работа [2], где авторы моно-

графии не только обобщили результаты исследования в области фитоиндикации, фундаментальные сведения по экологии водных растений (гидромакрофитов), но и дополнили существующий фонд методик биоиндикации состояния водной среды новой информацией об индикаторных свойствах гидромакрофитов.

Целью настоящей работы является оценка экологического состояния семи озер Ишимского района по данным фитоиндикации и прямого гидрохимического анализа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полевые исследования выполнены авторами в период с 2004 по 2005 гг., а также в 2009 г. и 2011 г. на территории Ишимского административного района (в 10–45 км юго-западнее г. Ишим). Обработка материала проводилась в соответствии с общепринятыми методиками [9–10] и с использованием определителей [11]. Гидрохимический анализ выполнен аккредитованной лабораторией экологических исследований при Тюменском государственном университете.

Всего исследовано 7 озер различной степени минерализации. Все озера являются частью особо охраняемой природной территории – водно-болотные угодья «Тоболо-Ишимская лесостепь», которые объединяют 10 заказников и памятник природы «Минеральные озера» [12]. Озера Локтевое и озеро без названия (далее по тексту – оз. Безымянное), расположенное у нежилого пос. Жанажол, сосредоточены вдоль автотрассы «Ишим–Бердюжье». Озера Мерген, Травное, Кислое, Горькое, Плохово – вдоль автотрассы «Ишим–Новотравное», образуют единую озерную группу.

Для оценки экологического состояния водных экотопов исследуемых озер были использованы данные о видовом составе сообществ водной макрофитной растительности и сведения о фитоиндикационных значениях, приведенные в работе [2] (верхние значения пределов минерализации и жесткости; пределы выносли-

вости по отношению величине pH; сведения об индивидуальной валентности гидромикрофитов по отношению к группам трофности и сапробности; значения об индикаторном весе, полученном на основе изучения особенностей распределения индивидуальных валентностей по группам трофности и сапробности).

Фитоиндикация таких факторов среды, как минерализация, жесткость и активная реакция (pH) выполнялась на основе методических подходов, изложенных в работе [2]. Определение минерализации воды на озерах проведено по наименьшему из всех приведенных верхних предельных значений минерализации в списках индикаторных видов, составленных для каждого водного объекта. Для оценки общей жесткости воды были использованы уравнения регрессии в зависимости от значения минерализации, полученного фитоиндикационным путем. Если значение находилось в пределах от 3,1 до 25,0 г/л, то расчет производился по формуле: $y = 5,2x + 7,8$, где y – общая жесткость, мг-экв/л, x – минерализация, г/л. В случае если значение было от 1,1 до 3,0 г/л – $y = 5,0x + 0,6$; если от 0,3 до 1,0 г/л, то уравнение приобретало вид – $y = 4,6x + 2,8$; если до 0,2 г/л – $y = 4,2x + 0,8$ [2]. Оценка режима pH воды была произведена по максимальному совпадению диапазонов толерантности индикаторных видов к активной реакции среды. По значениям средневзвешенных валентностей была произведена оценка озер по группам трофности и сапробности.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В исследованных озерах зарегистрировано 43 вида водных и прибрежно-водных растений (Мергень – 23, Кислое – 11, Травное – 8, Безымянное – 15, Локтевое – 12, Горькое – 2, оз. Плохово – 4). Индикаторными свойствами обладают 33, или 77 % видового состава гидромикрофитов.

Сравнение показателей минерализации, полученных по наименьшему из всех приведенных верхних предельных значений минерализации в списках индикаторных видов, составленных для каждого водного объекта с результатами прямого гидрохимического анализа проб воды исследованных озер, показало, что точность фитоиндикационного метода составляет от 50 до 84 %. При этом категория минерализации воды оценивалась тождественно (табл. 1).

Исходя из данных табл. 1, к пресной группе озер можно отнести такие озера, как Мергень, Кислое, Локтевое и Безымянное. Уровень минерализации в них в летний период находится в пределах значений 0,1 до 0,9 г/л. К условно-пресноводной группе – оз. Травное (1,2–1,9 г/л). К солоноватой группе озер – озера Горькое и Плохово (5,7–16,3 г/л).

Для оценки влияния минерализации на биоразнообразие водных и прибрежно-водных растений авторами [13] установлено, что между параметрами этих двух показателей имеется сильная отрицательная степень связи. Результаты исследования подтверждают мнение

Таблица 1

Минерализация воды озер Ишимского района по данным фитоиндикации и результатам прямого гидрохимического анализа

Озера	Минерализация воды			
	по данным фитоиндикации		по данным прямого анализа	
	г/л	категория вод	г/л	категория вод
Горькое	16,3	сильносолоноватая	13,70	сильносолоноватая
Плохово	5,7	среднесолоноватая	–	–
Мергень	0,6	типично пресная	0,98	типично пресная
Травное	1,9	условно-пресная	1,20	условно-пресная
Кислое	0,6	типично пресная	0,80	типично пресная
Безымянное	0,1	ультрапресная	0,20	типично пресная
Локтевое	0,3	типично пресная	0,58	типично пресная

Примечание: Знак «–» означает здесь и далее отсутствие данных гидрохимического анализа для конкретного водоема.

Таблица 2

Общая жесткость воды озер Ишимского района по данным фитоиндикации и результатам прямого гидрохимического анализа

Озера	Жесткость воды			
	по данным фитоиндикации		по данным прямого анализа	
	мг-экв/л	категория вод	мг-экв/л	категория вод
Горькое	92,56	очень жесткая	84,38	очень жесткая
Плохово	37,44	очень жесткая	–	–
Мергень	5,56	умеренно жесткая	9,10	жесткая
Травное	10,1	жесткая	14,68	очень жесткая
Кислое	5,56	умеренно жесткая	8,83	умеренно жесткая
Безымянное	1,22	очень мягкая	2,81	мягкая
Локтевое	4,18	умеренно жесткая	7,90	жесткая

Таблица 3

Активная реакция воды озер Ишимского района по данным фитоиндикации
и результатам прямого гидрохимического анализа

Озера	Активная реакция			
	по данным фитоиндикации		по данным прямого анализа	
	pH	категория вод	pH	категория вод
Горькое	9,2	сильнощелочная	9,7	сильнощелочная
Плохово	7,6–8,6	слабощелочная	–	–
Мергень	7,6	слабощелочная	7,3	слабощелочная
Травное	7,6–8,4	слабощелочная	8,7	среднещелочная
Кислое	7,6	слабощелочная	7,6	слабощелочная
Безымянное	7,2	нейтральная	7,2	нейтральная
Локтевое	7,6	слабощелочная	7,6	слабощелочная

Таблица 4

Значения средневзвешенных валентностей, полученные на основе данных об индикаторных валентностях по группам трофности и индикаторном весе видов гидромакрофитов для исследованных озер Ишимского района

Водные объекты	Значения средневзвешенных валентностей		
	Группы трофности		
	Олиготрофная	Мезотрофная	Евтрофная
Горькое	2,0	5,0	3,0
Плохово	0,75	4,4	4,9
Мергень	1,4	6,7	1,9
Травное	0,45	5,45	3,65
Кислое	1,3	5,8	2,8
Безымянное	3,5	5,5	1,0
Локтевое	2,1	5,56	2,29

Таблица 5

Значения средневзвешенных валентностей, полученные на основе данных об индикаторных валентностях по группам сапробности и индикаторном весе видов гидромакрофитов для исследованных озер Ишимского района

Водные объекты	Значения средневзвешенных валентностей				
	Группы сапробности				
	χ	σ	β	α	ρ
Горькое	0,0	1,0	9,0	0,0	0,0
Плохово	0,07	0,7	7,9	1,1	0,2
Мергень	0,09	1,73	7,7	0,6	0,04
Травное	0,04	0,62	8,38	0,9	0,04
Кислое	0,03	1,23	7,2	0,7	0,1
Безымянное	0,16	4,2	5,3	0,4	0,02
Локтевое	0,11	2,66	6,68	0,6	0,03

Примечание: Группы сапробности: χ – ксеносапробная; σ – олигосапробная; β – бета-мезосапробная; α – альфа-мезосапробная; ρ – полисапробная.

о том, что при повышении уровня минерализации выше 1,0 г/л видовое разнообразие значительно снижается (табл. 1).

При проведении сравнения результатов расчета показателя общей жесткости (через величину минерализации по данным фитоиндикации) с результатом прямого гидрохимического анализа проб воды озер точность определения общей жесткости воды по фитоиндикационной методике достигла 61–91 %. Наименьший процент сходства между показателями характерен для оз. Безымянное (43 %). Незначительно разнятся категории вод при сравнении значений для озер Мергень, Травное, Локтевое и Безымянное (табл. 2).

В большинстве озер (Мергень, Кислое, Локтевое) вода характеризуется от умеренно жесткой до жесткой (общая жесткость воды составляет 4,18–9,10 мг-экв/л). Озера Горькое, Травное и Плохово характеризуются как водоемы с очень жесткой водой (10,1–92,56 мг-экв/л).

По режиму pH исследуемые водоемы мы объединили в три группы. К озерам с нейтральной реакцией воды можно отнести оз. Безымянное (pH 7,2). К слабощелочным – озера Плохово, Мергень, Кислое и Локтевое (pH 7,2–7,6); среднещелочным – оз. Травное (pH 8,4–8,7); к сильнощелочным – оз. Горькое (pH 9,2–9,7). Значения pH, полученные косвенным и прямым путями, разнятся незначительно (разница значений составляет 86–96 %), критерии оценки водоемов – тождественны (табл. 3).

По значениям средневзвешенных валентностей, представленных в табл. 4, водные объекты можно охарактеризовать как евтрофно-мезотрофные (кроме оз. Безымянное).

Анализ значений средневзвешенных валентностей по группам трофности позволил увидеть, что наиболее подвержены процессам евтрофикации в настоящее время озера Плохово, Мергень и Травное. Эти водоемы характеризуются высокими значениями средневзвешенных валентностей в мезо- и евтрофной группах трофности (табл. 4). Безымянное озеро является олиго-мезотрофным.

Согласно данным, приведенным в табл. 5, большинство водоемов мы отнесли к олиго-бета-мезосапробным (оз. Горькое, Мергень, Кислое и Безымянное). Озера Плохово, Травное – альфа-бета-мезосапробным, наиболее загрязненным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты практической апробации методов фитоиндикации в сочетании с прямым гидрохимическим

анализом проб, взятых из семи водных объектов южной зоны Тюменской области, позволили оценить современное экологическое состояние водных экотопов.

На основе знаний о толерантности видов гидромacroфитов к ведущим факторам среды (трофности, сапробности, минерализации и жесткости воды, величине pH) были достигнуты следующие результаты. Озера Мergen, Кислое, Локтевое и Безымянное являются пресными. Озеро Травное – условно-пресноводное. Озера Горькое и Плохово – солоноватые. В большинстве озер (Мergen, Кислое, Локтевое) вода характеризуется от умеренно жесткой до жесткой. Озера Горькое, Травное и Плохово – это водоемы с очень жесткой водой. Безымянное озеро – с нейтральной реакцией воды. Слабощелочными являются озера Плохово, Мergen, Кислое и Локтевое; среднещелочным – оз. Травное; сильнощелочным – оз. Горькое. По уровню трофности водные объекты являются евтрофно-мезотрофные (кроме оз. Безымянное). Безымянное озеро – олиго-мезотрофное. Большинство водоемов можно отнести к олиго-бета-мезосапробным (оз. Горькое, Мergen, Кислое и Безымянное). Наиболее загрязненными являются озера Плохово, Травное (альфа-бета-мезосапробные).

При сравнении показателей (минерализации, жесткости и pH), полученных косвенными (фитоиндикационными) методами со значениями прямого гидрохимического анализа проб воды исследованных озер, в большинстве случаев точность фитоиндикационного метода составляет в среднем от 50 до 94 % (по показателю pH точность составляет 86–96 %, по общей жесткости – от 61 до 91 %, по минерализации – от 50 до 84 %). Выделенные категории оценки поверхностных вод оценивались тождественно.

Считаем, что результаты, достигнутые фитоиндикационными методами, вполне репрезентативны. В дальнейшем при использовании приемов корреляционного анализа можно будет со статистической точностью заявить о состоятельности данного методического подхода, который позволит подойти к решению проблемы оценки качества поверхностных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ларина Н.С., Ларин С.И., Беспоместных С.Г. К вопросу о методах оценки качества вод // Вестник Тюменского государственного университета. 2010. № 7. С. 218–228.
2. Свириденко Б.Ф., Мамонтов Ю.С., Свириденко Т.В. Использование гидромacroфитов в комплексной оценке экологического состояния водных объектов Западно-Сибирской равнины: монография. Омск, 2011.
3. Биологические методы оценки качества вод: часть 1. Биоиндикация / Моисеенко Т.И. и др. // Вестник Тюмен. гос. ун-та. 2010. № 7. С. 20–40.
4. Токарь О.Е. Флора, растительность и фитоиндикация состояния водных экотопов реки Ишим и пойменных озер в пределах Тюменской области: монография. Ишим, 2006.
5. Токарь О.Е. Оценка экологического состояния водных объектов памятника природы «Минеральные озера» фитоиндикационными методами // Биологическое разнообразие растительного мира Урала и сопредельных территорий: материалы Всерос. конф. с междунар. участием. Екатеринбург, 2012. С. 37–39.
6. Токарь О.Е. Использование гидромacroфитов в комплексной оценке экологического состояния водных объектов г. Ишима и его окрестностей // Вестник Тюмен. гос. ун-та. Экология. 2013. № 12. С. 67–73.
7. Николаенко С.А. Влияние некоторых экологических факторов на растительность озер Тоболо-Ишимской лесостепи // Вестн. экол., лесоведения и ландшафтоведения. 2005. № 6. С. 150–153.
8. Николаенко С.А. Растительность водных экосистем Тоболо-Ишимской лесостепи и динамика их зарастания: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2011.
9. Катанская В.М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения. Л., 1981.
10. Катанская В.М., Распопов И.М. Методы изучения высшей водной растительности // Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л., 1983. С. 163–169.
11. Флора Сибири. Новосибирск, 1988–2003. Т. 1–14.
12. Глазунов В.А., Николаенко С.А. Роль водно-болотных угодий «Озера Тоболо-Ишимской лесостепи» в сохранении биологического разнообразия растительного покрова лесостепной зоны Тюменской области // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Тюмень, 2003. Вып. 4. С. 18–24.
13. Зиновьева А.Е., Дурникин Д.А. Влияние минерализации и общей жесткости воды на распределение гидрофитов в экосистемах (на примере водоемов юга Обь-Иртышского междуречья) // Известия Алтай. гос. ун-та. Серия Биологические науки. 2012. № 3–1 (75). С. 33–36.

Поступила в редакцию 7 июля 2014 г.

Tokar O.E., Nikolayenko S.A. ASSESSMENT OF ECOLOGICAL STATUS OF WATER OBJECTS OF ISHIM DISTRICT ACCORDING TO PHYTOINDICATION AND DIRECT HYDROCHEMICAL ANALYSIS

The results of practical testing methods for evaluating fiondication of seven water objects of the southern zone of the Tyumen region on the basis of tolerance types gidromacrophytes leading to environmental factors (trophic, saprobic, salinity and water hardness, pH) are presented. Comparison of indicators (mineralization, rigidity and pH) obtained by indirect (fitoindication) methods with values of direct hydrochemical analysis of water samples studied lakes are produced. In most cases, the accuracy phytoindication method is from 50 to 94 %. The highlighted category of surface water is evaluated identically.

Key words: assessment of water quality; monitoring; phytoindication; environmental factors; Lake of southern zone of Tyumen region.

Токарь Ольга Егоровна, Ишимский государственный педагогический институт им. П.П. Ершова, г. Ишим, Тюменская область, Российская Федерация, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры экологии, географии и методики их преподавания, e-mail: ns23@mail.ru

Tokar Olga Egorovna, Ishim State Pedagogical Institute named after P.P. Ershov, Ishim, Tyumen region, Russian federation, Candidate of Biology, Associate Professor, Associate Professor of Ecology, Geography and its Teaching Methodics Department, e-mail: ns23@mail.ru

Николаенко Светлана Анатольевна, Институт проблем освоения Севера Сибирского отделения РАН, г. Тюмень, Российская Федерация, кандидат биологических наук, научный сотрудник, e-mail: ns23@mail.ru

Nikolayenko Svetlana Anatolyevna, Institute of Problems of North Research of Siberian Branch RAS, Tyumen, Russian Federation, Candidate of Biology, Scientific Worker, e-mail: ns23@mail.ru