

Ольга Егоровна ТОКАРЬ¹
Алёна Юрьевна ЛЕВЫХ²
Сергей Владимирович КВАШНИН³
Юлия Александровна ГРОМОВА⁴
Юлия Александровна УСОЛЬЦЕВА⁵
Ирина Евгеньевна БЕЛАНОВА⁶

УДК 556.012: 574.5 (282.2: 571.12)

РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОЗЕРА ТРАВНОГО (ИШИМСКИЙ РАЙОН, ТЮМЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

- ¹ кандидат биологических наук, доцент,
Ишимский педагогический институт имени П. П. Ершова,
филиал Тюменского государственного университета
tokarishim@yandex.ru
- ² кандидат биологических наук, доцент,
Ишимский педагогический институт имени П. П. Ершова,
филиал Тюменского государственного университета
aljurlev@mail.ru
- ³ кандидат географических наук, доцент,
Ишимский педагогический институт имени П. П. Ершова,
филиал Тюменского государственного университета
diosinland@yandex.ru
- ⁴ студент, Ишимский педагогический институт имени П. П. Ершова,
филиал Тюменского государственного университета
julyagromovaischim@yandex.ru
- ⁵ студент, Ишимский педагогический институт имени П. П. Ершова,
филиал Тюменского государственного университета
usoltseva92@bk.ru
- ⁶ студент, Ишимский педагогический институт имени П. П. Ершова,
филиал Тюменского государственного университета
erishka_96@mail.ru

Цитирование: Токарь О. Е. Результаты гидробиологических и гидрохимических исследований озера Травного (Ишимский район, Тюменская область) / О. Е. Токарь, А. Ю. Левых, С. В. Квашнин, Ю. А. Громова, Ю. А. Усольцева, И. Е. Беланова // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2017. Том 3. № 4. С. 50-65. DOI: 10.21684/2411-7927-2017-3-4-50-65

Аннотация

В статье приведены результаты гидроэкологических исследований, выполненных в 2011, 2013, 2015, 2016 гг. на озере Травном в Ишимском районе Тюменской области. Дана характеристика состава и структуры ключевых биотических компонентов изученной гидроэкосистемы. По результатам гидрохимического анализа вода в оз. Травное оценена как пресная, высоко-минерализованная, умеренно жесткая, подщелочная. По степени загрязнения аммонием озеро относится к классу — бета-мезосапробных вод (уровень трофности — мезотрофный); по уровню содержания нитратов водоем ксеносапробный (гипотрофный); по степени загрязнения полифосфатами озеро относится к классу гиперсапробных вод (гипертрофный); по степени загрязнения органическими веществами — к классу полисапробных (грязных) вод (гипертрофный). По индикаторным признакам гидромакрофитов, макробеспозвоночных животных, популяции серебряного карася (*Carassius auratus*, Bloch, 1782) выявлен высокий уровень органического загрязнения и плохое качество водной среды. Результаты биоиндикационных исследований подтверждены результатами прямого гидрохимического анализа.

Ключевые слова

Гидромакрофиты, качество воды, экологическое состояние водных экотопов, макрозообентос, флуктуирующая асимметрия, стабильность развития, трофность, сапробность, индексы биоразнообразия.

DOI: 10.21684/2411-7927-2017-3-4-50-65

Введение

Водные ресурсы озер юга Тюменской области составляют 4-4,5 тыс. км³ [13]. Помимо собственно водных ресурсов озера включают иные виды природных ресурсов: минеральные, сапропели, биологические (растительные и животные) и т. п., что обуславливает их важное хозяйственное значение (рекреационное, пелотерапевтическое, бальнеологическое, охотничье-промысловое и пр.) [13]. Реализация стратегии устойчивого развития региона и оптимизации природопользования обосновывает необходимость проведения эколого-биологического мониторинга озерных экосистем, а дифференциация озер по происхождению, абиотическим (гидрологическому режиму, степени минерализации, химическому составу воды), биотическим (составу и структуре биоты) характеристикам и характеру антропогенного воздействия служит предпосылкой для вовлечения представительной выборки озер разного типа в систему мониторинга особенно тех озер, которые расположены в непосредственной близости от населенных пунктов.

Одно из таких озер — оз. Травное с координатами 55°55'50"N 69°16'15", расположенное у с. Новотравного Ишимского района Тюменской области. Травное — второе по величине озеро в Ишимском районе. Озерная котловина имеет овальную форму; по картометрическим данным длина озера составляет 3,2 км,

максимальная ширина — 2,2 км, средняя ширина — 1,6 км. Площадь озера — 5,2 км². Береговая линия по западному краю ровная, по восточному волнистая, общая длина береговой линии составляет 8,9 км.

Оз. Травное входит в систему присклоновых озер долины р. Ишим, вытянутых вдоль внешней части III надпойменной террасы Ишима. Происхождение их, как и большинства местных озер, просадочное, а пространственная ориентация связана с древней ложбиной стока, ныне иссеченной в перпендикулярном направлении многочисленными гривами. Вместе с оз. Мергень и Кислым Травное образует единую озерную группу [14].

Питание озера осуществляется за счет атмосферных осадков и подземного стока. Водосбор сравнительно невелик (около 60 км²), сильно смещен в западном направлении — на Тобол-Ишимскую междуречную равнину, откуда в озеро впадает три небольших сезонно-пересыхающих водотока. Выход поступающих грунтовых вод несколько выше уреза воды, из-за чего берега по всему периметру озера заболочены. Из болота по южной окраине озера берет начало ручей, сбрасывающий излишки воды в р. Ишим.

Дно слабонаклонное, по берегу обильно заросшее тростником. Хорошая прогреваемость водной толщи, связанная с мелководностью, и замедленный водообмен в ней приводят в летний период к бурному развитию биоты и накоплению тонко- и грубодетритного органического ила. Площадь водного зеркала занимает 60% озерной котловины, остальные 40% заболочены.

Цель работы заключается в оценке экологического состояния водных экотопов и качества воды оз. Травное по данным биоиндикации (фито- и зооиндикации) и гидрохимического анализа.

Материалы и методы исследования

В основу настоящей статьи положены результаты гидробиологических исследований, выполненных на оз. Травное авторами в полевые сезоны 2011, 2013, 2015, 2016 гг. Сбор и обработку материала проводили в соответствии с общепринятыми методиками [4, 9, 10, 12, 15, 21, 23, 28] с использованием определителей [11, 26]. В количественном анализе использовали усредненные данные.

Качество воды мы рассматриваем как характеристику ее состава и свойств, определяющих пригодность воды для определенных видов водопользования [5]. В качестве гидрохимических критериев качества воды использовали такие показатели как рН, минерализация, общая жесткость, ХПК, БПК₂₀, содержание NO₃⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻. Гидрохимический анализ водных проб осуществлялся в летне-осенний период 2016 г. в производственной аккредитованной лаборатории ОАО «Водоканал» г. Ишима.

Оз. Травное используется для добычи водных биоресурсов, что, согласно ст. 17 закона РФ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов», позволяет его отнести к водным объектам рыбохозяйственного назначения. На этом основании при оценке экологического состояния водной среды нами применялись рыбохозяйственные показатели качества. Трофо-сапробные и хими-

ческие показатели качества определялись в соответствии с нормативами [6, 17]; соотношение уровней трофии, галобности и сапробности с классами качества вод устанавливалось по работе [22].

Для оценки экологического состояния водных экотопов оз. Травного использовали сведения о видовом составе гидромакрофитов и их фитоиндикационные значения (индивидуальные валентности по группам трофности и сапробности; индикаторный вес; пределы выносливости по отношению к величине рН, минерализации и жесткости), приведенные Б. Ф. Свириденко с соавторами [22]. Для определения уровня трофности, сапробности, минерализации, жесткости и активной реакции среды (рН) водных экотопов оз. Травного использовали методические подходы Б. Ф. Свириденко с соавторами [22].

В качестве объектов зооиндикации исследовали пробы макрозообентоса и популяцию карася серебряного (*Carassius auratus*, Bloch, 1782). Пробы макрозообентоса отбирали дночерпателем Петерсона на двух створах, расположенных на противоположных сторонах озера. Пробы разбирали и отмывали в лаборатории под проточной водой, после чего фиксировали четырехпроцентным раствором формалина и определяли под бинокулярной лупой МБС-10 при увеличении в 16 раз по определителю [11]. По таксономическому составу макрозообентоса и количеству особей разных таксонов рассчитали биотический индекс Вудивисса (ТВИ) [3, 23]. Полученные значения сравнили со шкалой классификации качества воды (сапробности) по индексу ТВИ [15, 23]. Численность макробеспозвоночных животных рассчитывали в количестве особей на квадратный метр. По количеству видов и числу особей каждого вида рассчитали индексы биоразнообразия сообществ макробеспозвоночных животных [4, 12, 18, 20].

Рыб отлавливали удочкой на приманку из дождевых червей. Отловленных рыб подвергали полному стандартному морфометрическому и морфо-физиологическому обследованию [1], по ростовым кольцам на чешуе определяли относительный возраст. Для оценки стабильности развития карася серебряного проводили учет счетных признаков (числа чешуй в боковой линии, числа лучей в грудных плавниках, числа лучей в брюшных плавниках, числа глоточных зубов) на правой и левой сторонах тела [7, 8]. По каждому меристическому признаку согласно формуле, предложенной В. М. Захаровым [4], рассчитывали коэффициент флуктуирующей асимметрии (дисперсию флуктуирующей асимметрии), значения которого сопоставляли со шкалой качества водной среды [4, 7, 8].

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам гидрохимического анализа оз. Травное по уровню минерализации является пресным с высоко-минерализованной водой, по уровню жесткости вода — умеренно жесткая, по водородному показателю — подщелочная [6] (таблица 1).

Величины рН 8,7 (в 2004 г.) [16] и 9,4 (в 2016 г.) выходят за рамки оптимальной среды для рыбохозяйственных водоемов (рН 6,5-8,5) и характеризуют воду оз. Травное как опасную для рыб при длительном воздействии [6].

Таблица 1
Оценка экологического состояния водных экотопов оз. Травного по данным фитондирекции и гидрохимического анализа

Гидрохимические показатели водных экотопов, единицы измерения	По данным фитондирекции		По данным прямого анализа	
	количественные показатели по данным 2011 г. по данным 2016 г.	категория вод по [6]	количественные показатели по данным 2004 г. по данным 2016 г.	категория вод по [6]
Минерализация, г/дм ³	1,9 1,0	олигогалообная высоко-минерализованная	1,20 0,75	олигогалообная высоко-минерализованная
Жесткость, мг-экв/ дм ³	10,1 7,4	очень жесткая жесткая	14,68 4,8	очень жесткая умеренно жесткая
Активная реакция среды, рН	7,6-8,4 7,6-8,2	нормальная нормальная	8,7 9,4	подщелочная подщелочная
Ион NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	Значения средневзвешенных валентностей по группам трофности			
Ион NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	Олиготрофная	α- и β-мезосапробная	—	—
	Мезо-трофная		0,1	β-мезосапробная
Фосфаты PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	0,4 0,7		— 1,5	— гиперсапробная
ХПК, мгО/дм ³	Значения средневзвешенных валентностей по группам сапробности			
БПК ₂₀ , мгО ₂ /дм ³	α	β	α	ρ
	0,6 1,2	8,4 7,4	0,9 1,3	0,0 0,1

Примечание: 2004 г. — материалы С. А. Николаенко [16]; 2011 г. — материалы О. Е. Токарь [24]; 2016 г. — материалы Ю. А. Громова. Notes: 2004 — S. A. Nikolaenko's materials [16]; 2011 — O. E. Tokar's materials [24]; 2016 — Yu. A. Gromova's materials

Содержание ионов аммония и нитратов в озере существенно ниже предельно допустимых концентраций для водоемов рыбохозяйственного назначения, содержание фосфатов соответствует евтрофным водам [17].

По содержанию в воде ионов аммония озеро относится к классу бета-мезосапробных вод (водоем загрязненный); по уровню содержания нитратов — ксеносапробных (чистый); по содержанию в воде полифосфатов, показателей бихроматной окисляемости (ХПК) и полной биологической потребности в кислороде (БПК₂₀) — полисапробных вод (грязный) (таблица 1) [6].

Исходя из того, что трофический уровень соответствует сапробному уровню [28], мы отнесли оз. Травное по содержанию в воде нитратных ионов к категории гипотрофных вод, по содержанию ионов аммония — мезотрофных, по содержанию фосфат-ионов, уровню ХПК, БПК₂₀ — гипертрофных вод.

В целом малое содержание нитратов при высоком содержании аммония и фосфатов, вероятно, можно объяснить массовым размножением сине-зеленых водорослей — «цветением» воды, которое наблюдалось, например в 2011 г. Это хорошо согласуется с высокими уровнями сапробности и трофности воды.

Результаты гидрохимического анализа несколько отличаются от таковых 2004 г., приведенных в работах [16, 24] (таблица 1). В 2016 г. по сравнению с 2004 г. наблюдается тенденция к некоторому снижению уровня минерализации, жесткости и повышению значений рН. Это можно объяснить колебанием уровня воды в озере, связанного с весенне-летним половодьем и значительным повышением уровня воды в р. Ишим, а также обильными осадками в первой половине лета 2016 г. Вероятной причиной подщелачивания воды оз. Травное может быть подпор гидрокарбонатно-минерализованных грунтовых вод, область распространения которых соседствует с озером и приурочена к центральной части III надпойменной террасы. Не исключены и случайные кратковременные колебания геохимических условий, поскольку значения активной реакции среды, рассчитанные по данным фитоиндикации, не превышают уровень 2011 г.

Результаты фитоиндикационных исследований

Автотрофный компонент водной экосистемы представлен сообществами водной макрофитной растительности (Hydromacrophytosa), характеризующимися бедным видовым составом и простым строением.

Водная макрофитная флора озера представлена 15 видами сосудистых растений, относящихся к 10 родам, 7 семействам отдела *Magnoliophyta*.

Ниже приводим список видов гидромакрофитов оз. Травного.

Отдел *Magnoliophyta* — Цветковые

Семейство *Hydrocharitaceae* — Водокрасовые

1. *Hydrocharis morsus-ranae* L. — Водокрас обыкновенный

2. *Stratiotes aloides* L. — Телорез обыкновенный

Семейство *Potamogetonaceae* — Рдестовые

3. *Potamogeton compressus* L. — Рдест сплюснутый
 4. *P. pectinatus* L. — Р. гребенчатый
 5. *P. perfoliatus* L. — Р. пронзеннолистный
 6. *P. praelongus* Wulf. — Р. длиннейший
- Семейство *Cyperaceae* — Осоковые
7. *Bolboschoenus planiculmis* (Fr. Schmidt) Egor. — Клубнекамыш плоскостебельный
 8. *Scirpus tabernaemontani* Gmel. — Камыш Табернемонтана
- Семейство *Poaceae* — Мятликовые
9. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. — Тростник южный
- Семейство *Lemnaceae* — Рясковые
10. *Lemna minor* L. — Ряска малая
 11. *L. trisulca* L. — Р. тройчатая
 12. *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid. — Многокоренник обыкновенный
- Семейство *Sparganiaceae* — Ежеголовниковые
13. *Sparganium emersum* Rehm. — Ежеголовник всплывший
- Семейство *Typhaceae* — Рогозовые
14. *Typha angustifolia* L. — Рогоз узколистный
 15. *T. latifolia* L. — Р. широколистный

Наибольшим видовым разнообразием отличаются семейства *Potamogetonaceae* (4, или 27% видов) и *Lemnaceae* (3, или 20%). Семейства *Hydrocharitaceae*, *Cyperaceae* и *Typhaceae* объединяют по 2 вида (13%) каждое. Семейства *Sparganiaceae* и *Poaceae* одновидовые.

Самым крупным по числу видов является род *Potamogeton* (4, или 40% видов). Роды *Lemna* и *Typha* объединяет по 2 (20%) вида каждый. Остальные 80% родов одновидовые.

Степень зарастания водной макрофитной растительностью акватории озера составляет примерно 40%. Основное значение в сложении растительности исследованных участков оз. Травного имеют группировки, относящиеся к двум формациям: *Potamogetoneta pectinati* и *Phragmiteta australis*.

В диапазоне глубин 0-0,5 м формируется ассоциация *Phragmites australis* *rigum*. Состав включает 8 видов. Основной ярус сформирован из *P. australis* с проективным покрытием (ПП) 50-100%. Виды *Typha angustifolia*, *Scirpus lacustris*, *Lemna minor* являются ассектаторами.

Ассоциация *Potamogeton pectinatus* *rigum* распространена в центральной части озера, где формируется на глубине 1,5-1,8 м. Выражен единственный ярус из *P. pectinatus* (ПП 20-70%).

Оценка экологического состояния водных экотопов оз. Травного, проведенная по данным фитоиндикации, выявила следующие особенности.

По материалам исследований 2016 г. минерализация воды в озере не превышает 1 г/л, следовательно, вода пресная высоко-минерализованная. Жесткость воды 7,4 мг-экв/дм³: вода жесткая. Водородный показатель (7,6-8,2) характеризует воду как нормальную (таблица 1).

В соответствии с распределением значений средневзвешенных валентностей по группам трофности водные экотопы оз. Травного оценены нами как евтрофно-мезотрофные (таблица 1).

На основании распределения значений средневзвешенных валентностей по группам сапробности водоем альфа-бета(α - β)-мезосапробный, класс качества — загрязненные воды (таблица 1).

В 2016 г. по сравнению с 2011 г. наблюдается согласующееся с результатами гидрохимического анализа уменьшение значений, полученных фитоиндикационным путем и указывающих на уровень минерализации и жесткости воды (таблица 1).

Результаты зооиндикационных исследований

Макрозообентос исследованных участков оз. Травного характеризуется бедностью таксономического состава и отсутствием «индикаторных» групп, чувствительных к загрязнению. В пробах с двух створов выявлены следующие таксоны макробеспозвоночных животных:

Тип Annelida — Кольчатые черви

Класс Oligochaeta — Малощетинковые кольчецы

Класс Hirudinea — Пиявки

Отряд Rhynchobdellida — Хоботные пиявки

Семейство *Glossiphoniidae* — Улитковые пиявки

Glossiphonia (=Clepsine) *complanata* L., 1758 — Пиявка улитковая

Тип Mollusca — Моллюски

Класс Bivalvia — Двустворчатые

Отряд Actinodontida — Актинодонтиды

Семейство *Pisidiidae* — Шаровки

Pisidium inflatum Muehlfeld in Porro, 1838 — Горошинка вздутая

Класс Gastropoda — Брюхоногие

Отряд Hygrophila — Гидрофилы

Семейство *Lymnaeidae* — Прудовики

Lymnaea palustris Leschke, 1909 — Прудовик болотный

Lymnaea glutinosa Muller, 1774 — Прудовик плащеносный

Семейство *Planorbidae* — катушки

Anisus vortex L., 1758 — катушка завернутая, или катушка закрученная

Planorbis planorbis L., 1758 — катушка окаймленная

Класс Insecta — Насекомые

Отряд Diptera — Двукрылые

Семейство *Chironomidae* — Хирономиды

Абсолютными доминантами по численности явились личинки комаров-звонцов (сем. *Chironomidae*), которые на первом створе составили 95,2% всех особей, а на втором — 85%. Средняя численность хирономид колебалась от 800 экз./м² до 4 080 экз./м².

Согласно подходам, применяемым в международной системе биоиндикации, адекватной оценкой качества среды является оценка биоразнообразия, потому

что оно служит показателем эмерджентных свойств биотической системы [20]. Сообщества макрозообентоса на исследованных участках оз. Травного характеризуются невысоким богатством (Индекс Маргалефа — 0,76; 2,01); низкими значениями индексов биоразнообразия Шеннона (H) (0,28; 0,92) и Симпсона (D) (0,09; 0,27), высоким доминированием (Индекс доминирования Симпсона — 0,91; 0,76) и низкой выравненностью (Индекс выравненности Пиелу — 0,28; 0,3). Особенно показательны значения индексов Шеннона, который является наиболее популярным в оценке биоразнообразия сообществ гидробионтов и для которого на основе большого фактического материала рассчитаны значения максимального разнообразия (бит / элемент) для разного количества элементов (видов) в сообществе [18, 19]. В исследуемых сообществах макрозообентоса величина индекса Шеннона не достигает и половины максимально возможного значения при почти вдвое меньшем количестве элементов [18]. Как известно, индекс Шеннона отражает два компонента разнообразия — богатство элементов системы и выравненность (равномерность представленности элементов системы по какому-то признаку, в данном случае по численности) [18, 20]. Поэтому низкие значения этого индекса в исследуемых сообществах можно объяснить чрезвычайно низкой численностью в пробах всех выявленных таксонов за исключением одного — доминирующего и вследствие этого низкой выравненностью. Значения индекса биоразнообразия Симпсона, придающего больший вес наиболее многочисленным элементам [4, 12] еще ниже, чем индекса Шеннона, так как обе исследованные пробы содержат только по одному такому виду.

Описанные особенности характерны для сообществ, находящихся либо на начальных стадиях экологической сукцессии, либо в зоне сильного антропогенного воздействия (загрязнения). Однако, учитывая данные гидрохимического и фитоиндикационного анализов, можно полагать, что указанные особенности сообществ макробеспозвоночных животных оз. Травного обусловлены высоким уровнем органического загрязнения. Это подтверждается низкими значениями индексов Вудивисса на обоих створах (ТВИ=1), которые указывают на плохое качество воды [15, 23]. Таким образом, результаты оценки биоразнообразия макробеспозвоночных животных на исследованных участках оз. Травного согласуются с выводами других авторов, полученными при обобщении репрезентативных эмпирических данных [20], о том, что низкие значения индекса богатства при очень низких значениях индексов биоразнообразия являются показателем деградационных процессов, а также высокой корреляции индексов биоразнообразия и индекса Вудивисса [2, 20, 27].

При оценке «здоровья» среды и воздействий на экосистемы в качестве адекватных биологических показателей на популяционном уровне организации биологических систем рассматриваются показатели флуктуирующей асимметрии бинарных морфологических признаков, а также соотношение полов и возрастных групп [4, 7, 8, 25].

В выборке карася серебряного ($n = 30$) выявлено девять возрастных групп (трехлетки ($0,10 \pm 0,06$), четырехгодовики ($0,10 \pm 0,06$), пятигодовики

($0,10 \pm 0,06$), шестилетки ($0,07 \pm 0,05$), шестигодовики ($0,13 \pm 0,06$), семигодовики ($0,30 \pm 0,08$), восьмигодовики ($0,10 \pm 0,06$), девятигодовики ($0,03 \pm 0,03$), одиннадцатигодовики ($0,07 \pm 0,05$). Широкий спектр возрастных групп и нормальное распределение данного признака в исследуемой выборке ($\chi^2 = 0,69$; при $p \geq 0,05$) указывают на устойчивое воспроизведение изучаемой популяции в ряду поколений, а также определяют правомерность выборочного анализа. Самцы в анализируемой выборке отсутствуют, что позволяет считать исследуемую популяцию карася серебряного гиногенетической. Последнее характерно для западно-сибирских популяций данного вида.

При анализе асимметрии бинарных счетных признаков ни по одному признаку не выявлено значимого среднего различия между сторонами. Это указывает на то, что изучаемые признаки подвержены флуктуирующей асимметрии и индицируют нарушение популяционного гомеореза. По признаку «число глоточных зубов» коэффициент асимметрии (КА) составил 53,7%. В соответствии со шкалой балльной оценки качества окружающей среды вода в озере Травном может быть оценена как очень грязная [4, 8].

Заключение

Проведенные результаты фито- и зооиндикационных исследований указывают на высокий уровень органического загрязнения и низкое качество водной среды озера Травного. В совокупности с данными гидрохимического анализа это свидетельствует об евтрофировании исследованной части озерной экосистемы, основной причиной которого, по-видимому, является автохтонное органическое вещество. Нагрузка на водоем увеличивается за счет аллохтонного органического вещества, возможно, поступающего в водоем с поверхностным стоком от близко расположенных источников загрязнения (отходы животноводческих фермер, скопление навоза, и др.).

Методы зооиндикации индицируют более высокий уровень загрязнения и более низкое качество водной среды по сравнению с методами фитоиндикации, что объясняется, во-первых, накоплением загрязняющих веществ в трофических цепях; во-вторых, более высоким содержанием загрязняющих веществ в бентали по сравнению с пелагиалью.

Обусловленные евтрофированием деградационные процессы находят отражение в относительной бедности флористического состава и простой структуре сообществ гидромакрофитов, низком биоразнообразии сообществ макрозообентоса и численном доминировании устойчивых к органическому загрязнению видов гидробионтов.

Несмотря на тенденцию к нарастанию трофности и сапробности вода оз. Травного по большинству анализируемых гидрохимических показателей соответствует требованиям к качеству вод водоемов рыбохозяйственного назначения, за исключением показателя активной реакции среды (рН), который характеризует воду оз. Травного как опасную для рыб при длительном воздействии. Это согласуется с выявленными нарушениями популяционного гомеореза *Carassius auratus*.

Межгодовые изменения гидрохимических показателей, выявленные методами гидрохимического анализа и фитоиндикации, и биотопическая разнокачественность гидрохимических показателей, индицируемая присутствием разных экологических групп макрофитов, свидетельствуют о пространственно-временной динамике химического состава воды. Это позволяет полагать, что оз. Травное может быть рекомендовано для рыбохозяйственного использования при условии комплексного экологического мониторинга с необходимыми корректировками природопользования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баклашева Т. А. Практикум по ихтиологии / Т. А. Баклашева. М.: Агропромиздат, 1990. 223 с.
2. Барина С. С. Водоросли — индикаторы в оценке качества окружающей среды / С. С. Барина, Л. А. Медведева, О. В. Анисимова. М.: ВНИИПрироды, 2000. 150 с.
3. Вудивисс Ф. Биотический индекс р. Трент. Макробеспозвоночные и биологическое обследование / Ф. Вудивисс // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 132-161.
4. Гашев С. Н. Млекопитающие в системе экологического мониторинга (на примере Тюменской области) / С. Н. Гашев. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2000. 220 с.
5. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / под ред. Т. В. Гусевой. М.: Форум; ИНФРА-М, 2009. 192 с.
6. ГОСТ 17.1.2.04-77 Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов (Введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 27 июня 1977 г. N 1609).
7. Захаров В. М. Асимметрия животных / В. М. Захаров. М.: Наука, 1987. 216 с.
8. Захаров В. М. Здоровье среды: методика оценки / В. М. Захаров, А. С. Баранов, В. И. Борисов, А. В. Валецкий, Н. Г. Кряжева, Е. К. Чистякова, А. Т. Чубинишвили. М.: Центр экологич. политики России, 2000. 68 с.
9. Катанская В. М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР / В. М. Катанская. Методы изучения. Л.: Наука, 1981. 187 с.
10. Катанская В. М. Методы изучения высшей водной растительности / В. М. Катанская, И. М. Распопов // Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л., 1983. С. 163-169.
11. Кутикова Л. А. Определитель водных беспозвоночных Европейской части СССР / Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 541 с.
12. Лебедева Н. В. Биологическое разнообразие: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н. В. Лебедева, Н. Н. Дроздов, Д. А. Кривошукский. М.: ВЛАДОС, 2004. 432 с.
13. Лёзин В. А. Водные ресурсы рек и озер Тюменской области / В. А. Лёзин // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2011. № 12. С. 62-69.

14. Лёзин В. А. Реки и озера Тюменской области: словарь-справочник / В. А. Лёзин. Тюмень: Пеликан, 1995. 233 с.
15. Мелехова О. П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / О. П. Мелехова, Е. И. Сарапульцева, Т. И. Евсева. М.: Академия, 2008. 288 с.
16. Николаенко С. А. Растительность водных экосистем Тобол-Ишимской лесостепи и динамика их зарастания: автореф. дис. ... канд. биол. наук / С. А. Николаенко. Новосибирск, 2011. 19 с.
17. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (Утв. приказом Федерального агентства по рыболовству от 18 января 2010 г. № 20).
18. Одум Ю. Экология: в 2 т. / Ю. Одум. Т. 2. М.: Мир, 1986. 376 с.
19. Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях / Ю. А. Песенко. М.: Наука, 1982. 287 с.
20. Протасов А. А. Биоразнообразие и его оценка. Концептуальная диверсиколия / А. А. Протасов. Киев, 2002. 105 с.
21. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В. А. Абакумова. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 240 с.
22. Свириденко Б. Ф. Использование гидромакрофитов в комплексной оценке экологического состояния водных объектов Западно-Сибирской равнины / Б. Ф. Свириденко, Ю. С. Мамонтов, Т. В. Свириденко. Омск: Амфора, 2011. 231 с.
23. Семенченко В. П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод / В. П. Семенченко. Минск: Орех, 2004. 125 с.
24. Токарь О. Е. Оценка экологического состояния водных объектов Ишимского района по данным фитоиндикации и прямого гидрохимического анализа / О. Е. Токарь, С. А. Николаенко // Вестник Тамбовского университета. Серия «Естественные и технические науки». 2014. Т. 19. № 5. С. 1573-1576.
25. Фёдоров В. Д. Проблема оценки нормы и патологии состояния экосистемы / В. Д. Фёдоров // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 6-12.
26. Флора Сибири. Новосибирск, 1988-2003. Т. 14.
27. Хэллауэл Дж. М. Сравнительный обзор методов анализа данных в биологическом надзоре / Дж. М. Хэллауэл // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 108-123.
28. Dell'Uomo A. Use of Algae for Monitoring Rivers in Italy: Current Situation and Perspectives / A. Dell'Uomo // Use of algae for monitoring rivers. Douai: Agence de l'Eau Artois-Picardie Press, 1999. Vol. III. Pp. 165-179.

Olga E. TOKAR¹
Alyona Yu. LEVYKH²
Sergey V. KVASHNIN³
Yulia A. GROMOVA⁴
Yulia A. USOLTSEVA⁵
Irina E. BELANOVA⁶

**THE RESULTS OF HYDROBIOLOGICAL
AND HYDROCHEMICAL STUDY OF THE LAKE TRAVNOYE
(THE TYUMEN REGION, ISHIM DISTRICT)**

- ¹ Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor,
Department of Biology, Geography and Teaching Methods,
P. P. Ershov Ishim Pedagogical Institute (University of Tyumen Branch)
tokarishim@yandex.ru
- ² Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor,
P. P. Ershov Ishim Pedagogical Institute (University of Tyumen branch)
aljurlev@mail.ru
- ³ Cand. Sci. (Geogr.), Associate Professor,
Department of Biology, Geography and Teaching Methods,
P. P. Ershov Ishim Pedagogical Institute (University of Tyumen Branch)
diosinland@yandex.ru
- ⁴ Undergraduate Student of Pedagogical Education,
P. P. Ershov Ishim Pedagogical Institute (University of Tyumen Branch)
julyagromovaischim@yandex.ru
- ⁵ Undergraduate Student of Pedagogical Education,
P. P. Ershov Ishim Pedagogical Institute (University of Tyumen Branch)
usoltseva92@bk.ru
- ⁶ Undergraduate Student of Pedagogical Education,
P. P. Ershov Ishim Pedagogical Institute (University of Tyumen Branch)
erishka_96@mail.ru

Citation: Tokar O. E., Levykh A. Yu., Kvashnin S. V., Gromova Yu. A., Usoltseva Yu. A., Belanova I. E. 2017. "The Results of Hydrobiological and Hydrochemical Study of the Lake Travnoye (The Tyumen Region, Ishim District)". Tyumen State University Herald. Natural Resource Use and Ecology, vol. 3, no 4, pp. 50-65.
DOI: 10.21684/2411-7927-2017-3-4-50-65

Abstract

This article provides the results of hydroecological investigations of the Lake Travnoye (The Tyumen Region, Ishim District) performed in 2011, 2013, 2015, and 2016. The authors analyze the content and structure of the key biotic elements of the hydroecosystem. Based on this analysis, the water of the Lake Travnoye is determined to be fresh, highly mineralized, moderately hard, and moderately alkaline. In terms of ammonium pollution, the lake is a beta-mesosaprobic environment (a mesotrophic level); in terms of nitrates pollution — xenosaprobic (a hypotrophic level); in terms of polyphosphates pollution — hypersaprobic (a hypertrophic level); in terms of organic pollution — polysaprobic (polluted; a hypertrophic level). The indicators of hydromacrophytes, macroinvertebrates, golden carp population (*Carassius auratus*, Bloch, 1782) suggest a high level of organic pollution and a low quality of aquatic habitat. The results of bioindicator research are corroborated by the direct hydrochemical analysis.

Keywords

Hydromacrophytes, water quality, water ecotopes' ecological condition, macrozoobenthos, fluctuating asymmetry, sustainable development, trophicity, saprobity, biodiversity indices.

DOI: 10.21684/2411-7927-2017-3-4-50-65

REFERENCES

1. Baklasheva T. A. 1990. Praktikum po ikhtiologii [Ichthyology Case Study]. Moscow: Agropromizdat.
2. Barinova S. S., Medvedeva L. A., Anisimova O. V. 2000. Vodorosli — indikatory v otsenke kachestva okruzhayushchey sredy [Water Grass — Indicator in Environment Quality Assessment]. Moscow: VNIIPrirody.
3. Vudiviss F. 1977. "Bioticheskiy indeks r. Trent. Makrobespozvonochnye i biologicheskoe obsledovanie" [River Trent Biological Index. Macroinvertebrates and Biological Survey]. In: Nauchnye osnovy kontrolya kachestva poverkhnostnykh vod po gidrobiologicheskim pokazatelyam, pp. 132-161. Leningrad: Gidrometeoizdat.
4. Gashev S. N. 2000. Mlekopitayushchie v sisteme ekologicheskogo monitoringa (na primere Tyumenskoy oblasti) [Mammals in Ecological Monitoring System (Tyumen Region Case Study)]. Tyumen: University of Tyumen.
5. Guseva T. V. (ed.). 2009. Gidrokhimicheskie pokazateli sostoyaniya okruzhayushchey sredy: spravochnye materialy [Hydrochemical Indicators of Environment's Condition: Reference Materials]. Moscow: FORUM: INFRA-M.
6. GOST 17.1.2.04-77 Okhrana prirody. Gidrosfera. Pokazateli sostoyaniya i pravila taksatsii rybokhozyaystvennykh vodnykh ob"ektov [Nature Protection. Hydroshpere. Fishery Waters' Condition Indicators and Taxation Rules]. Implemented on 27 June 1977 by the Standards Committee of USSR Council of Ministers, no 1609.
7. Zakharov V. M., Baranov A. S., Borisov V. I., Valetskiy A. V., Kryazheva N. G., Chistyakova E. K., Chubinishvili A. T. 2000. Zdorov'e sredy: metodika otsenki [Environment's Health: Assessment Method]. Moscow: Tsentr ekologich. politiki Rossii.

8. Zakharov V. M. 1987. *Asimmetriya zivotnykh* [Animals' Asymmetry]. Moscow: Nauka.
9. Katanskaya V. M. 1981. *Vysshaya vodnaya rastitel'nost' kontinental'nykh vodoemov SSSR. Metody izucheniya* [USSR Inland Water Bodies Higher Plants]. Leningrad: Nauka.
10. Katanskaya V. M., Raspopov I. M. 1983. *Metody izucheniya vysshey vodnoy rastitel'nosti* [Methods of Water Bodies Higher Plants' Study], pp. 163-169. Leningrad.
11. Kutikova L. A., Starobogatov Ya. I. 1977. *Opredelitel' vodnykh bespozvonochnykh Evropeyskoy chasti SSSR* [Identification Guide of Water Invertebrates of European Part of USSR]. Leningrad: Gidrometeoizdat.
12. Lebedeva N. V., Drozdov N. N., Krivolutskiy D. A. 2004. *Biologicheskoe raznoobrazie: ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy* [Biological Diversity: A Learning Guide for Students of Higher Schools]. Moscow: VLADOS.
13. Lezin V. A. 2011. "Vodnye resursy rek i ozer Tyumenskoy oblasti" [Water Resources of Rivers and Lakes of the Tyumen Region]. *Tyumen State University Herald*, no 12, pp. 62-69.
14. Lezin V. A. 1995. *Reki i ozera Tyumenskoy oblasti: slovar'-spravochnik* [Rivers and Lakes of the Tyumen Region]. Tyumen: Pelikan.
15. Melekhova O. P., Sarapultseva E. I., Evseeva T. I. 2008. *Biologicheskiy kontrol' okruzhayushchey sredy: bioindikatsiya i biotestirovanie*. [Biological Control of Environment: Bioindication and Biotesting]. Moscow: Akademiya.
16. Nikolaenko S. A. 2011. "Rastitel'nost' vodnykh ekosistem Tobol-Ishimskoy lesostepi i dinamika ikh zarastaniya" [Tobolsk-Ishim Forest-Steppe Aquatic Ecosystems Vegetation and Their Weediness Dynamics]. *Cand. Sci. (Biol.) diss. abstract*. Novosibirsk.
17. *Normativy kachestva vody vodnykh ob"ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya, v tom chisle normativy predel'no dopustimyykh kontsentratsiy vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob"ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya* [Water Quality Standards for Fishery Waters including Norms of Maximum Acceptable Concentrations of Harmful Substances in Fishery Waters]. Implemented by Federal Fishery Agency Order no 20, on 18 January 2010).
18. Odum Yu. 1986. *Ekologiya* [Ecology] in 2 vols. Vol. 2. Moscow: Mir.
19. Pesenko Yu. A. 1982. *Printsipy i metody kolichestvennogo analiza v faunisticheskikh issledovaniyakh* [Principles and Methods of Quantitative Determination in Faunistic Research]. Moscow: Nauka.
20. Protasov A. A. 2002. *Bioraznoobrazie i ego otsenka. Kontseptual'naya diversikologiya* [Biodiversity and Its Assessment. Complex Diversicology]. Kyev.
21. Abakumova V. A. (ed.). 1983. *Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod i donnykh otlozheniy* [Guidelines for Open Water's and Benthic Deposits' Analysis Methods]. Leningrad: Gidrometeoizdat.
22. Sviridenko B. F., Mamontov Yu. S., Sviridenko T. V. 2011. *Ispol'zovanie gidromakrofitov v kompleksnoy otsenke ekologicheskogo sostoyaniya vodnykh ob"ektov Zapadno-Sibirskoy ravniny* [The Use of Hydromacrophytes in Integral Assessment of Ecological State of West-Siberian Plain Water Bodies]. Omsk: Amfora.
23. Semenchenko V. P. 2004. *Printsipy i sistemy bioindikatsii tekuchikh vod*. [Principles and Systems of Flowing Waters' Bioindication]. Minsk: Orekh.

24. Tokar O. E., Nikolaenko S. A. 2014. "Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya vodnykh ob"ektov Ishimskogo rayona po dannym fitoindikatsii i pryamogo gidrokhimicheskogo analiza" [Ishim Province Water Bodies Ecological Condition Assessment on the Basis of Phytoindication and Direct Hydrochemical Analysis]. Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya Estestvennye i tekhnicheskie nauki, vol. 19, no 5, pp. 1573-1576.
25. Fedorov V. D. 1977. "Problema otsenki normy i patologii sostoyaniya ekosistemy" [The Problem of Ecosystem Norm and Pathology Assessment]. Nauchnye osnovy kontrolya kachestva poverkhnostnykh vod po gidrobiologicheskim pokazatelyam, pp. 6-12. Leningrad: Gidrometeoizdat.
26. Nauka. 2003. Flora Sibiri [Flora of Siberia] in 14 vols. Vol. 14. Novosibirsk: Nauka.
27. Hellawell J. M. 1977. "Sravnitel'nyy obzor metodov analiza dannykh v biologicheskom nadzore" [Comparative Review of Data Analysis in Biological Control]. Nauchnye osnovy kontrolya kachestva poverkhnostnykh vod po gidrobiologicheskim pokazatelyam, pp. 108-123. Leningrad: Gidrometeoizdat.
28. Dell'Uomo A. 1999. "Use of Algae for Monitoring Rivers in Italy: Current Situation and Perspectives". In: Use of Algae for Monitoring Rivers, vol. 3, pp. 165-179. Douai: Agence de l'Eau Artois-Picardie Press.