

**Оценка экологического состояния водных экотопов
реки Калиновка по данным фитоиндикации и гидрохимического
анализа (Викуловский район, Тюменская область)**

Малые реки отличаются высоким уровнем уязвимости, причем не только при чрезмерном использовании водных ресурсов, но и при освоении водосбора. Особенно большой вред малым водотокам наносит нерациональная хозяйственная деятельность человека. Это приводит к быстрому зарастанию, заболачиванию и их полной деградации [4]. Решение проблемы видится в организации особой системы экологического мониторинга бассейнов малых рек. Своевременно принимать меры по защите и сохранению первоначальных свойств экосистемы позволит постоянный контроль качества водного объекта.

Экологической оценке водных экотопов малых рек по данным фитоиндикации посвящены лишь некоторые работы региональных исследователей [9–12; 14].

Целью работы явилась оценка экологического состояния водных экотопов р. Калиновка методами фитоиндикации и гидрохимического анализа.

Полевой материал был собран в полевой период 2016 г. на водотоке – р. Калиновка. Это левый приток р. Ик (бассейн р. Ишим). Река Калиновка берет свое начало в лесном массиве в 6 км северо-западнее с. Боково (координаты 56°80' с.ш., 70°28' в.д.) на территории Викуловского административного района Тюменской области. Протяженность реки около 7 км. Ширина русла исследованного участка – 3–4 м, глубина – до 2,5 м. Грунт – тонкодетритный ил на песке.

Химический анализ поверхностных речных вод был проведен в аккредитованной производственной лаборатории ОАО «Водоканал» г. Ишима в летне-осенний период 2016 г. Оценка экологического состояния водных экотопов осуществлялась по таким показателям водной среды, как БПК₂₀, рН, ион аммония, нитрат-ион, фосфат-ион, минерализация, жесткость. Градацию поверхностных вод по минерализации, жесткости, величине водородного показателя (рН) принимали по [2]. Для характеристики качества воды по уровню трофности и сапробности была использована работа А. Делль Уомо (цит. по: [8]).

Для выявления видовой принадлежности гидромакрофитов использовали определители [15]. Для выявления экологического своеобразия флоры водотока – работы и методические подходы Л. Г. Раменского и др. [6], Е. П. Прокопьева [5], Б. Ф. Свириденко с соавт. [8]. Жизненные формы гидромакрофитов описаны с учетом работы [7]. Для комплексной оценки экологического состояния реки фитоиндикационными методами использовались данные об экологической валентности гидромакрофитов, приведенные в работе [8]. Фитоиндикационное определение минерализации и жесткости воды выполнялось по наименьшему значению минерализации в списке индикаторных видов, составленном для исследуемого участка реки. Для уточнения величины жесткости использовали уравнения регрессии [8]. Оценка режима рН воды была произведена по максимальному совпадению диапазонов толерантности индикаторных видов к активной реакции среды [8; 9]. Принцип метода определения класса трофности и сапробности водоема основан на учете видового разнообразия представителей водной макрофитной флоры, их индикаторной значимости и частоте встречаемости [1]. При оценке уровня

* Н. В. Огнева, О. Е. Токарь, Ишимский педагогический институт им. П. П. Ершова (филиал) Тюменского государственного университета (Ишим).

E-mail: nadya.o.97@mail.ru

E-mail: tokarishim@yandex.ru

трофности и степени органического загрязнения была использована шкала индикаторного веса по группам трофности и сапробности, который оценивался для каждого вида в баллах от 1 до 5. Значения индикаторного веса были установлены на основе особенностей распределения индикаторных валентностей (баллов) по группам трофности и сапробности, которые мы заимствовали из работы [8].

В работе приняли следующую классификацию вод, где каждому типу водоема присудили класс качества: гипотрофные (ксеносапробные) водоемы – 0, олиготрофные (или олигосапробные) – 1, мезотрофные (бета-мезосапробные) – 2, евтрофные (альфа-мезосапробные) – 3 и гипертрофные (полисапробные) – 4 [2]. Составили индикационные таблицы, где для каждого вида гидромакрофита отметили частоту встречаемости в описанных водных биотопах по девятибалльной шестиступенчатой шкале частот со следующими обозначениями: 1 – очень редко, 2 – редко, 3 – нередко, 5 – часто, 7 – очень часто, 9 – масса [1]. Произвели расчет суммарной трофности и сапробности водоема по алгоритму, приведенному в [Там же] и получили величину, указывающую на класс трофности и сапробности водоема.

В составе флоры водных макрофитов р. Калиновка отмечено 23 вида из 19 родов, 16 семейств, 2 отделов. Основу флоры формируют растения отдела *Magnoliophyta* (22 вида, или 96 %). На долю *Equisetophyta* приходится 1, или 45 видов. В ходе флористических работ на ключевом участке р. Калиновка выявлен редкий, внесенный в Красную книгу Тюменской области [3] вид 2 категории (V) *Potamogeton crispus* L. Обнаружен новый для Тюменской области вид *Potamogeton trichoides* Cham. et Schlecht [15].

Результаты биоморфологического анализа макрофитной флоры следующие. Выделено 2 типа, 3 подтипа, 12 групп, 9 классов, 20 жизненных форм (биоморф). В ходе анализа биоморф оказалось, что укореняющиеся многолетники служат основой спектра жизненных форм водных цветковых растений р. Калиновка. На их долю приходится 67 % биоморф, объединенных в 8 групп и 6 классов. Среди водных геофитов 7, или 37 %, видов являются гелофитами, плейстофитами – 4, или 21 %, гидатофитами – 7, или 37 %. Среди свободноплавающих многолетников выявлено всего 3 биоморфы (16 % от общего количества), объединенных в 3 группы и 2 класса. Однолетники среди гидромакрофитов р. Калиновка представлены одной биоморфой (6 %).

Экологическое разнообразие флоры р. Калиновка характеризует 21 экологическая группа (экогруппа), выделенная по отношению к таким факторам среды, как увлажнение (4, или 19 % экогрупп), трофность (5, или 24 %), минерализация и жесткость (3, или 14 %), активная реакция среды (2, или 7 %), сапробность (4, или 19 %) и тип грунта (3, или 14 %).

Увлажненность водных биотопов р. Калиновка характеризуют гипергидрофиты (8, или 35 % видов) и ортогидрофиты (8, или 35 % видов). На трофность местообитаний указывают мезоевтрофофиты (8, или 43 % видов) и мезотрофофиты (5, или 26 %). Уровень минерализации и жесткости характеризуют типично пресноводные (14, или 74 % видов) виды. Индикаторами активной реакции среды являются алкалифилы (10, или 53 % видов). Тип грунта характеризуют детритопелофилы (9, или 47 % видов) и пелобионты (6, или 32 %).

Индикаторами типа водоема по уровню трофности явились 13 видов гидромакрофитов, указывающих на мезотрофный тип водоема (85 % видового состава). Из них наибольший индикаторный вес «5 баллов» имеют такие виды-индикаторы, как *Hydrocharis morsus-ranae* L., *Stratiotes aloides* L., *Sagittaria sagittifolia* L.; 75 % видов имеют индикаторный вес – 4 балла.

Показатель, полученный расчетным путем, характеризующий общую суммарную величину трофности водоема, равен 2,1, что означает: водоем мезотрофный (таблица).

Видами-индикаторами типа водоема по уровню сапробности явились 12, или 52 %, видов гидромакрофитов, указывающих на бе́за-мезо-сапробный тип водоема (таблица). Из них наибольший индикаторный вес «5 баллов» имеет вид-индикатор *Potamogeton friesii* Rupr., остальные 92 % видов имеют индикаторный вес «4 балла».

Показатель, полученный расчетным путем, характеризующий общую суммарную величину сапробности водоема, равен 2,0, что означает: водоем загрязненный, бе́та-мезо-сапробный (таблица).

Минерализация воды в р. Калиновка, определенная фитоиндикационным путем, равна 0,6 – вода высокоминерализованная, пресная (таблица).

Величина, характеризующая общую жесткость воды, рассчитанная с применением уравнения регрессии (5,56 мг-экв/л), указывает на умеренно жесткую воду (таблица).

Показатель активной реакции воды (рН) в р. Калиновка находится в пределах 7,6–8,0 – вода нормальная (таблица).

Таблица

Оценка экологического состояния водных экотопов р. Калиновка по данным фитоиндикации и гидрохимического анализа

Гидрохимические показатели, единицы измерения	По данным фитоиндикации		По данным гидрохимического анализа	
	количественные показатели	категория вод по [2]	количественные показатели	категория вод по [2]
Минерализация, г/дм ³	0,6	пресная, высокоминерализованная	0,4	пресная, среднеминерализованная
Жесткость, мг-экв/дм ³	5,56	умеренно жесткая	6,68	жесткая
Активная реакция среды, рН	7,6–8,0	нормальная	7,64	нормальная
Ион NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	общая суммарная трофность водоема – 2	мезотрофный	0,242	мезотрофный
Ион NO ₃ ⁻ , мг/дм ³			< 0,2	гипотрофный
Фосфаты PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³			0,853	гипертрофный
БПК ₂₀ , мгО ₂ /дм ³	общая суммарная сапробность водоема – 2	загрязненная (бе́та-мезо-сапробный)	4,0	загрязненная (альфа-мезо-сапробный)

На основе данных гидрохимического анализа (см. табл.) экотопы р. Калиновка по уровню минерализации воды были оценены нами как пресные, зона галобности – вода среднеминерализованная.

По уровню жесткости – вода в реке – жесткая.

Активная реакция воды – нормальная.

Сапробный уровень местообитаний р. Калиновка по значениям БПК₂₀ соответствует α-мезосапробному классу, загрязненные воды.

По степени загрязнения полифосфатами р. Калиновка относится к гиперсапробному классу вод, вода грязная (таблица). Следовательно, трофический уровень р. Калиновка по минеральному фосфору – водоем гипертрофный. Причины высокой концентрации в воде минерального фосфора могут быть разными. Большая часть его соединений могла попасть в водоем в результате сельскохозяйственной и бытовой деятельности человека. Этот элемент применяется в составе

минеральных удобрений и мог легко попасть в воду в период весеннего половодья с поверхности водосбора. Время взятия проб воды из р. Калиновка для проведения химического анализа (2016 г.) – это год высокого уровня воды в реке в весенний период.

По степени загрязнения аммонием р. Калиновка относится к классу бета-мезосапробных вод, вода загрязненная. Трофический уровень р. Калиновка по концентрации в воде ионов NH_4^+ – водоем мезотрофный. Наличие иона аммония в концентрациях, превышающих фоновые значения, указывает на свежее загрязнение и близость источника загрязнения (отходы животноводческих ферм, скопления навоза, азотных удобрений, бытовые отходы населения).

По степени загрязнения нитратами – чистая вода (ксеносапробный класс качества) (таблица). Трофический уровень р. Калиновка по концентрации в воде нитрат-ионов (NO_3^-) – водоем гипотрофный.

Следовательно, повышенный уровень трофности по таким показателям, как содержание в воде ионов аммония и фосфатов, указывает на усиливающиеся процессы евтрофикации, которые могут привести к интенсивному зарастанию водоема гидромакрофитами, или возможно явление «цветение воды». Оба вышеназванных процесса впоследствии могут негативно сказаться на жизни всех участников водных биоценозов.

Сравнивая значения, полученные фитоиндикационным путем, с результатами гидрохимического анализа (таблица), можно сказать, что количественный показатель минерализации, полученный фитоиндикационным путем, чуть выше показателя, полученного методами гидрохимического анализа. Тогда как показатель жесткости воды – ниже. Категория вод, указывающая на активную реакцию среды биотопов р. Калиновка, оказалась аналогичной в обоих случаях. Показатель (категория вод) уровня трофности, полученный фитоиндикационным путем, близок к данным химического анализа по содержанию в воде ионов аммония. Уровень сапробности, полученный методами фитоиндикации, ниже значений, полученных гидрохимическими методами. Но категория вод одинаковая – загрязненные.

Таким образом, на основе данных гидрохимического анализа и данных фитоиндикации была произведена оценка экологического состояния водных экотопов р. Калиновка.

Литература

1. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование : учеб. пособие для вузов / под ред. О. П. Мелеховой, Е. И. Сарапульцевой. – 2-е изд., испр. – М. : Академия, 2008. – 288 с.
2. ГОСТ 17.1.2.04-77 Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200026772>.
3. Красная книга Тюменской области: Животные, растения, грибы. – Екатеринбург : Уральский ун-т, 2004. – 496 с.
4. Новиков Ю. В. Экология, окружающая среда и человек : учеб. пособие для вузов. – М. : Фаир, 1998. – 316 с.
5. Прокопьев Е. П. Экология растений (особи, виды, экогруппы, жизненные формы) : учебник для биол. фак-тов вузов. – Томск : ТГУ, 2001. – 340 с.
6. Раменский Л. Г., Цаценкин И. А., Чижигов О. Н., Антипин Н. А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. – М. : Сельскохозяйственная литература, 1956. – С. 54–139.
7. Свириденко Б. Ф. Жизненные формы цветковых гидрофитов Северного Казахстана // Ботан. журн. – 1991. – Т. 76, № 5. – С. 687–698.
8. Свириденко Б. Ф., Мамонтов Ю. С., Свириденко Т. В. Использование гидромакрофитов в комплексной оценке экологического состояния водных объектов Западно-Сибирской равнины : монография. – Омск : Амфора, 2011. – 231 с.

9. Токарь О. Е. Флора, растительность и фитоиндикация состояния водных экотопов реки Ишим и пойменных озер в пределах Тюменской области. – Ишим : ИГПИ им. П. П. Ершова, 2006. 208 с.
10. Токарь О. Е. Оценка экологического состояния водных биотопов реки Карасуль по данным фитоиндикации // Экология. Природные ресурсы. Рациональное природопользование. Охрана окружающей среды: Бюл. МОИП. Отд. Биол. Прил. 1 : в 2 ч. – М. : Первая образцовая типография, 2009. – Т. 114, вып. 3. – Ч. 2. – С. 401–407.
11. Современное состояние наземных и водных экосистем г. Ишима / А. Ю. Левых, О. Е. Токарь, Г. Г. Пузынина, А. С. Красненко, А. В. Ермолаева, Д. О. Шеррер, О. С. Козловцева. – Ишим : ИГПИ им. П. П. Ершова, 2011. – 108 с.
12. Токарь О. Е. Экологическая оценка среды основных водотоков бассейна р. Ишим на территории Сорокинского и Викуловского районов Тюменской области методами фитоиндикации // Природные ресурсы, биоразнообразие и перспективы естественнонаучного образования : материалы Междунар. научн-практич. конф., посвящ. памяти И. В. Бекшиевой – ученого и педагога. – Омск : ОмГПУ, 2012. – С. 87–90.
13. Токарь О. Е. Использование гидромакрофитов в комплексной оценке экологического состояния водных объектов г. Ишима и его окрестностей // Вестник Тюменского государственного университета. Экология. – 2013. – № 12. – С. 67–73.
14. Токарь О. Е. Оценка экологического состояния основных водотоков территории Казанского района (бассейн р. Ишим) // Экологический мониторинг и биоразнообразие. – Ишим : ИГПИ им. П. П. Ершова, 2013. – № 1. – С. 37–39.
15. Флора Сибири : в 14 т. – Новосибирск : Наука, 1987–1997. – Т. 1–14.

N. V. Ogniyova, O. E. Tokar,
 Ershov Ishim Teachers Training Institute (branch)
 of Tyumen State University (Ishim)

ESTIMATION OF ECOLOGICAL STATE OF WATER ECOTOPES OF THE KALINOVKA ACCORDING TO THE DATA OF PHYTOINDICATION AND HYDROCHEMICAL ANALYSIS (VICULOVO DISTRICT, TYUMEN REGION)

The article presents the results of the estimation of the ecological state of the water ecotopes of the Kalinovka (a watercourse of the third order related to the Ishim basin) obtained during the research on the river in 2016. According to the hydrobotanical study in the flora of the hydro-macrophytes of the Kalinovka there are 23 species from 19 genera, 16 families, 2 divisions. Rooted perennials are the basis of the spectrum of the life forms of the flowering plants of the Kalinovka (67 % of biomorphs), free-floating – 16 % of biomorphs. The ecological diversity of the flora of the Kalinovka is characterized by 21 ecological groups (eco-groups). The quantitative indicators characterizing the ecological state of the aquatic ecotopes of the river, obtained by means of phytoindication are the following: mineralization – 0,6 g/dm³, water hardness – 5,56 mg/dm³, pH – 7,6–8,0. According to the indicator «total total trophicity of the reservoir», obtained by the phytoindicative way – a mesotrophic reservoir. According to the indicator «total saprobity of the reservoir» – a polluted water reservoir, beta-meso-saprobic. According to the hydrochemical analysis the water ecotopes are estimated in the following way: mineralization – 0.4 g/dm³, water hardness – 6.68 mg/dm³, pH – 7.64. According to the trophic level of mineral phosphorus it is a hypertrophic reservoir (0.853 mg/dm³), the concentration of ammonium ions in water – mesotrophic (0,242 mg / dm³), the concentration of nitrate ions in water – hypotrophic (less than 0,2 mg/dm³). The saprobic level according to BOD₂₀ values corresponds to the alpha-mesosaprobic class, contaminated water (4,0 mgO₂/dm³).