

Разработка системы критериев и методического подхода к оценке трансформаций водных экосистем

Е. В. Беспалова 

Общество с ограниченной ответственностью «Экологический центр»,
Российская Федерация
(394049, г. Воронеж, Рабочий проспект, 101)

Аннотация. Цель работы – показать преимущества использования методического подхода к интегральной оценке трансформаций водных экосистем.

Материалы и методы. В основе подхода – синтез и модификация различных приемов, в частности, усовершенствование метода графического сопоставления таксономических пропорций.

Результаты и обсуждение. Разработана авторская система оценочных критериев и их градаций, представлены новые сведения о её апробации.

Выводы. Предлагаемый подход обладает широкой областью применения в сфере оценки состояния водных экосистем.

Ключевые слова: методика, оценка, водные экосистемы, графический анализ.

Для цитирования: Беспалова Е. В. Разработка системы критериев и методического подхода к оценке трансформаций водных экосистем // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2023, № 4, с. 109-114. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/4/109-114>

ВВЕДЕНИЕ

Для оценки трансформаций водных экосистем используются разнообразные методы. Среди них наиболее информативными считаются методы биоиндикации, основанные, в частности, на изучении структурных и экологических характеристик сообществ фитопланктона и микрофитобентоса [1, 2]. К данной категории относятся различные виды сапробиологического анализа, графический метод диатомового анализа Л. В. Разумовского [3] и другие. Каждый из методов имеет как свои преимущества, так и ряд ограничений. К примеру, указанный выше метод графического анализа таксономических пропорций разработан только для диатомовых комплексов, соответственно, его использование становится затруднительным при оценке состояния современных водных экосистем, когда в результате значительной нагрузки из сообществ исчезают диатомовые или их количество стано-

вится ничтожно малым. Также в данном методе отсутствует система количественных параметров оценки и их градаций. В этой связи особую актуальность приобретает использование подхода на основе синтеза и модификации различных методов, что позволяет нивелировать ограничивающие факторы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу предлагаемого методического подхода положен анализ более 1625 проб фитопланктона и микрофитобентоса современных водоемов с различным уровнем нагрузки (Матырского и Воронежского водохранилищ, заповедных озер Рамза и Кипец), а также диатомовой флоры межледниковых озер (древнеозерные отложения из разрезов Польное Лапино, Балашиха, Бибирево и Чёлсма-22). Для составления базы исходных данных использовались различные источники [4, 5, 6, 7]. Фактический материал был обработан с помощью ряда методов (анализ таксономического состава,

© Беспалова Е. В., 2023

 Беспалова Елена Владимировна, e-mail: v-87@eco-c.ru



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

сапробиологический анализ, модифицированный графический анализ). Использовались методы корреляционного анализа и интерполяции при оценке воздействия окружающей среды (климатических, гидрохимических, эколого-геохимических параметров) на водные биоценозы [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Особенностью разработанной методики [8] является комплексный подход, предполагающий

сочетание анализа таксономического состава сообществ фитопланктона и микрофитобентоса, сапробиологического анализа, модифицированного графического анализа таксономической структуры, корреляционного анализа между климатическими, гидрохимическими и эколого-биологическими параметрами, инвентаризации источников загрязнения. На рисунке 1 показаны решаемые задачи и алгоритм проведения интегральной оценки.



Рис. 1. Алгоритм интегральной оценки трансформаций водных экосистем [Fig. 1. I Algorithm for integral assessment of aquatic ecosystem transformations]

Усовершенствование метода графического анализа таксономической структуры заключалось в следующем. Во-первых, автором предложено при исследованиях современных водных экосистем проводить графические построения по всем типам микроводорослей и цианобактериям, что позволяет учесть структуру сообществ полностью, а не только ее отдельную часть, представленную диатомовыми [8, 9]. Это реализовано в исследованиях с 2015 года [9]. Таким образом, была расширена область применения метода.

Во-вторых, автором определены значения экологической нормы распределения таксономических пропорций (рис. 2), а также разработана система критериев оценки и их количественных

градаций (рис. 3) [8, 9], сопоставленная с экологическими модификациями [10]. При возрастании нагрузки на водную экосистему фиксируется увеличение пиков и непропорциональность очертаний гистограммы распределения таксономических пропорций (в линейной системе координат), уменьшается показатель степенной функции α (в логарифмической системе координат), что отмечено в работах [5, 8, 9].

Оценочная шкала (рис. 4) позволяет также проводить экологическое акваториальное районирование, что апробировано на примере Воронежского водохранилища [4, 8].

Авторская система оценки в дальнейшем была использована и другими исследователями



* под экологической нормой понимается допустимый диапазон значений параметра, отражающий оптимальное состояние водной экосистемы

Рис. 2. Показатели экологической нормы распределения таксономических пропорций в сообществах фитопланктона и микрофитобентоса
 [Fig. 2. Indicators of environmental regulation of taxonomic proportions distribution in phytoplankton and microphytobenthos communities]

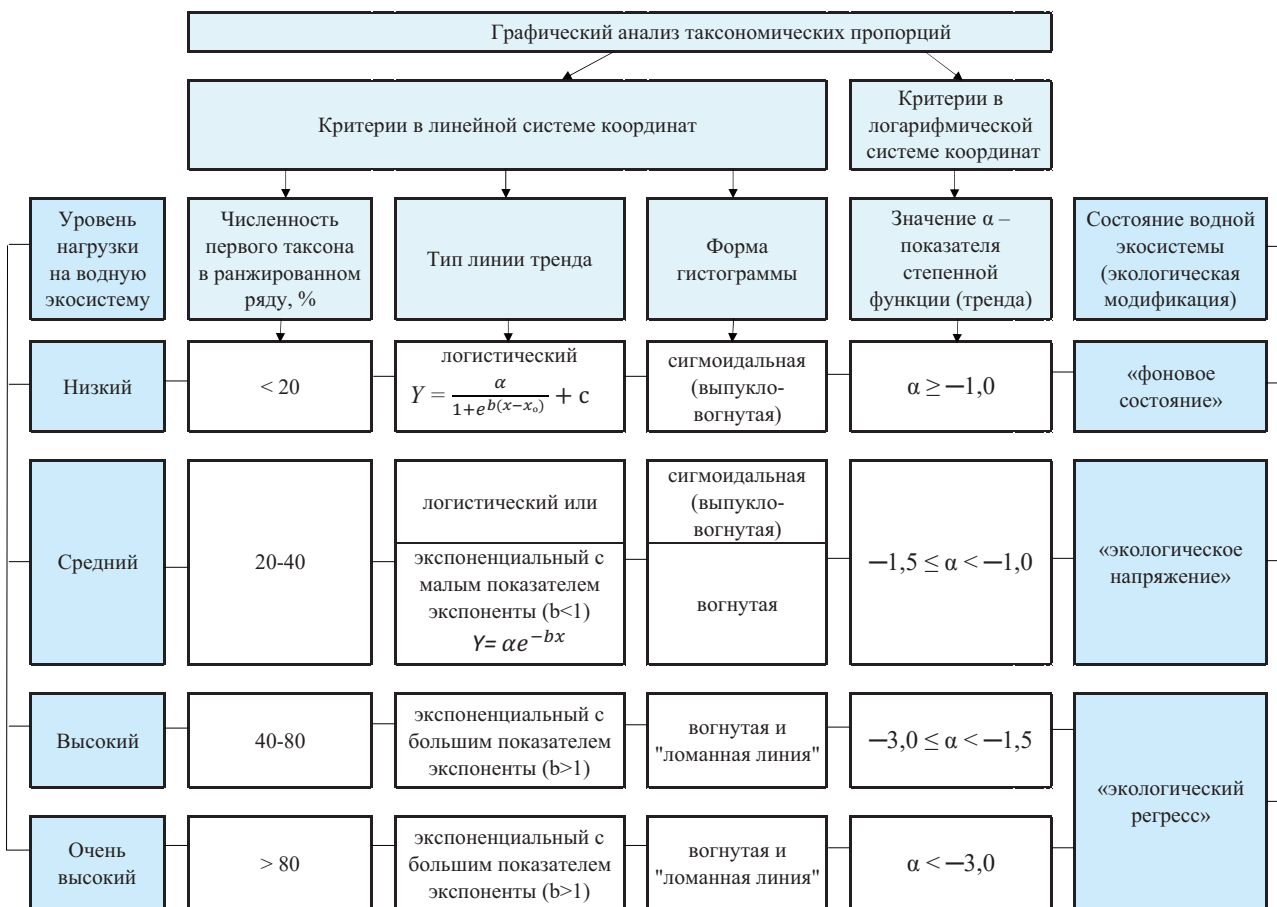


Рис. 3. Шкала оценки состояния водной экосистемы и уровня испытываемой нагрузки
 [Fig. 3. Aquatic ecosystem state assessment scale and the level of the tested load]

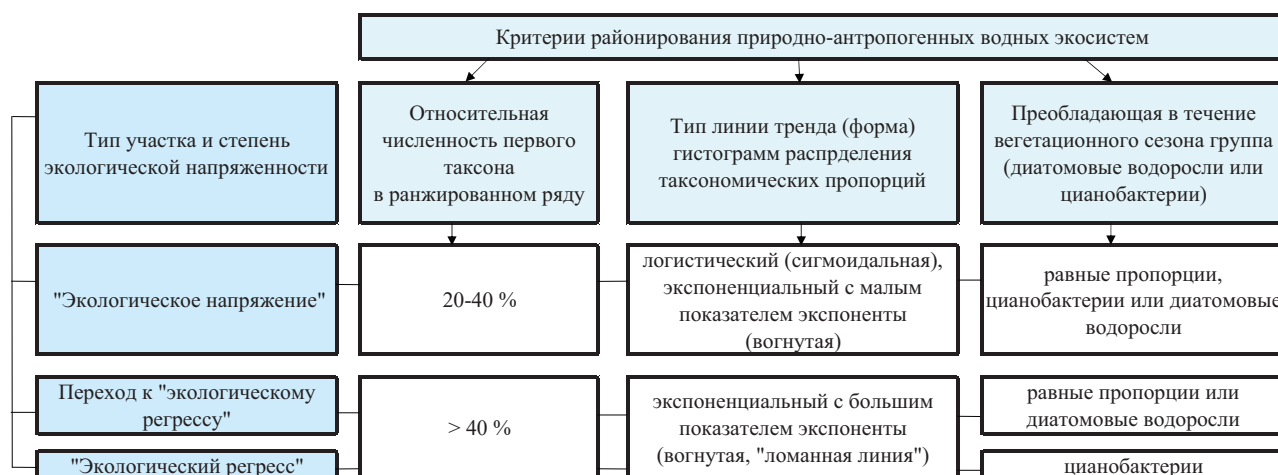


Рис. 4. Критерии районирования
[Fig. 4. Criteria for zoning]

(Г. А. Анциферовой и Р. М. Нкурунзиза) для определения качества вод пруда Кучинский в Подмоскowie, что свидетельствует о её актуальности и результативности [11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Апробация разработанного методического подхода показывает широкую область его применения. Синтез различных методов, усовершенствование графического анализа, в частности, введение авторской системы критериев и их количественных градаций, позволяют точнее проводить оценку состояния разнообразных водных экосистем и уровня испытываемой нагрузки, выявлять трансформации и их причины, районировать акватории водоемов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. *Количественная гидроэкология: методы системной идентификации*. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.
2. Барина С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. *Разнообразие водорослей-индикаторов в оценке качества окружающей среды*. Тель-Авив: Pilies Studio, 2003, 498 с.
3. Разумовский Л. В. *Оценка трансформации озерных экосистем методом диатомового анализа*. Москва: Геос, 2012. 199 с.
4. Беспалова Е. В. *Интегральная оценка трансформаций водных экосистем*. Воронеж: Цифровая полиграфия, 2018. 150 с.
5. Беспалова Е. В. Графический анализ структуры комплексов микроводорослей межледниковых и современных водных экосистем центра Восточно-Европейской равнины // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2017, № 2, с. 13-20.

6. Анциферова Г. А. Эволюция диатомовой флоры и межледникового осадконакопления центра Восточно-Европейской равнины // *Труды Воронежского государственного университета*, 2001, вып. 2, 198 с.

7. Анциферова Г. А., Русова Н. И. Долгосрочные последствия влияния аномальных высоких летних температур воздуха 2010-2012 годов на водные экосистемы лесостепной зоны // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2017, № 2, с. 5-12.

8. Беспалова Е. В. Методика интегральной оценки трансформаций водных экосистем // *Вестник Воронежского гос. университета. Серия География. Геоэкология*, 2019, № 1, с. 74-84.

9. Беспалова Е. В. Модернизация метода графического анализа таксономических пропорций в сообществах фитопланктона и микрофитобентоса // *Вопросы современной альгологии*, 2018, № 2 (17). – URL: <http://algology.ru/1352> (дата обращения: 31.07.2023). – Текст: электронный.

10. Абакумов В. А., Сиренко Л. А. К методу контроля экологических модификаций фитоценозов // *Научные основы биомониторинга пресноводных экосистем: труды советско-французского симпозиума*, 1988, с. 117-131.

11. Анциферова Г. А., Нкурунзиза Р. М. Геоэкологическая оценка качества вод пруда Кучинский в Подмоскowie по фитопланктону в условиях альголизации // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2023, № 2, с.100-111.

Конфликт интересов: Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию: 07.08.2023

Принята к публикации: 28.11.2023

Development of the System of Criteria and the Methodological Approach to Assessment of the Aquatic Ecosystem Transformations

E. V. Bespalova✉

Limited Liability Company «Ecological center», Russian Federation
(101, Rabochiy prospect, Voronezh, 394049)

Abstract. The purpose of the work is to show the advantages of using the methodological approach to the integral assessment of transformations of aquatic ecosystems.

Materials and methods. The approach is based on synthesis and modification of various techniques, in particular, improvement of the method of graphical comparison of taxonomic proportions.

Results and discussion. The author's system of evaluation criteria and their gradations was developed. The new information about its approbation was presented.

Conclusions. The proposed approach has a wide range of applications in the field of aquatic ecosystem assessment.

Key words: methodology, assessment, aquatic ecosystems, graphic analysis.

For citation: Bespalova E. V. Development of the System of Criteria and the Methodological Approach to Assessment of the Aquatic Ecosystem Transformations. *Vestnik Voronezhskogo gos. universiteta. Seriya Geografiya. Geoekologiya*, 2023, no.4, pp. 109-114 (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/4/109-114>

REFERENCES

1. Shitikov V. K., Rozenberg G. S., Zinchenko T. D. *Kolichestvennaya gidroekologiya: metody sistemnoy identifikatsii* [Quantitative hydroecology: systems identification methods]. Tol'yatti: IEVB RAN, 2003. 463 p. (In Russ.)
2. Barinova S. S., Medvedeva L. A., Anisimova O. V. *Raznoobrazie vodoroslej-indikatorov v ocenke kachestva okruzhayushchej sredy* [Diversity of algal indicators in environmental quality assessment]. Tel'-Aviv: Pilies Studio, 2003. 498 p. (In Russ.)
3. Razumovskij L. V. *Ocenka transformatsii ozernyh ekosistem metodom diatomovogo analiza* [Evaluation of lake ecosystem transformation by diatom analysis]. Moscow: Geos, 2012. 199 p. (In Russ.)
4. Bespalova E. V. *Integral'naya ocenka transformatsij vodnyh ekosistem: monografiya* [Integral assessment of water ecosystem transformations]. Voronezh: Cifrovaya poligrafiya, 2018. 150 p. (In Russ.)
5. Bespalova E. V. Graficheskij analiz struktury kompleksov mikrovodoroslej mezhdnednikovyh i sovremennyh vodnyh ekosistem centra Vostochno-Evropejskoj ravniny [Graphical analysis of the structure of microalgae complexes of interglacial and modern water ecosystems of the center of the East European Plain]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*, 2017, no. 2, pp. 13-20. (In Russ.)
6. Anciferova G. A. Evolyuciya diatomovoj flory i mezhdnednikovogo osadkonakopleniya centra Vostochno-Evropejskoj ravniny [Evolution of the diatomic flora and interglacial sedimentation of the center of the East European Plain]. *Trudy Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2001, v. 2, 198 p. (In Russ.)
7. Anciferova G. A., Rusova N. I. Dolgosrochnye posledstviya vliyaniya anomal'nyh vysokih letnih temperatur vozduha 2010-2012 godov na vodnye ekosistemy lesostepnoj zony [Long-term consequences of the influence of abnormal high summer air temperatures in 2010-2012 on water ecosystems of the forest-steppe zone]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*, 2017, no. 2, pp. 5-12. (In Russ.)
8. Bespalova E. V. Metodika integral'noj ocenki transformatsij vodnyh ekosistem [Methodology of integral assessment of water ecosystem transformations]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Geografiya. Geoekologiya*, 2019, no. 1, pp. 74-84. (In Russ.)

© Bespalova E. V., 2023

✉ Elena V. Bespalova, e-mail: v-87@eco-c.ru



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

9. Bespalova E. V. Modernizaciya metoda graficheskogo analiza taksonomicheskikh proporcij v soobshchestvah fitoplanktona i mikrofitobentosa [Modernizing the method of graphical analysis of taxonomic proportions in phytoplankton and microphitobenthos communities]. *Voprosy sovremennoj al'gologii*, 2018, no. 2 (17). – URL: <http://algology.ru/1352> (accessed 31.07.2023). – Text: electronic. (In Russ.)

10. Abakumov V.A., Sirenko L.A. K metodu kontrolya ekologicheskikh modifikacij fitocenozov [To the method of control of environmental modifications of phyto-cenoses]. *Nauchnye osnovy biomonitoringa presnovodnyh ekosistem: trudy sovetsko-francuzskogo simpoziuma*, 1988, pp. 117-131. (In Russ.)

11. Anciferova G.A., Nkurunziza R.M. Geoekologicheskaya ocenka kachestva vod pruda Kuchinskij v Podmoskov'e po fitoplanktonu v usloviyah al'golizacii [Geoecological Assessment of Water Quality of Kuchinsky Pond Near Moscow by Phytoplankton under Algalization Conditions]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografija. Geoekologia*, 2023, no. 2, pp.100-111. (In Russ.)

Conflict of interests: The author declares no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 07.08.2023

Accepted: 28.11.2023

Беспалова Елена Владимировна
кандидат географических наук, ведущий инженер ООО
«Экологический центр», г. Воронеж, Российская Федерация,
ORCID: 0000-0003-1480-8273, e-mail: v-87@eco-c.ru

Elena V. Bespalova
Cand. Sci. (Geogr.), Leading Engineer at the LLC «Ecological center»,
Voronezh, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-1480-8273,
e-mail: v-87@eco-c.ru