



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-7-17

УДК 574.5:504.455:504.064.36

ОЦЕНКА УРОВНЯ НАГРУЗКИ НА ВОДНУЮ ЭКОСИСТЕМУ И ЕЕ СОСТОЯНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ ФИТОПЛАНКТОНА И МИКРОФИТОБЕНТОСА

Е.В. Беспалова

Воронежский государственный университет

Российская Федерация, 394068, Воронеж, ул. Хользунова, 40 (корпус ВГУ № 5)

Проведенные исследования таксономической структуры фитопланктона и микрофитобентоса неоплейстоценовых и современных водных экосистем центра Восточно-Европейской равнины позволили выявить закономерности ее изменения при смене природных и природно-антропогенных условий, а также параметры ее экологической нормы. При изучении современных водных экосистем методом графического сопоставления таксономических пропорций фитопланктона и микрофитобентоса предлагается учитывать все группы микроводорослей и цианобактерии, а не только диатомовые. Исследования показали перспективность использования данного подхода для оценки состояния водных экосистем и уровня оказываемой на них нагрузки. Количественно определены пороговые значения показателей водной экосистемы, отражающие ее переход из одного состояния в другое, а также изменение уровня нагрузки на нее.

Ключевые слова: биоиндикация, микроводоросли, цианобактерии, графический анализ, таксономические пропорции, фитопланктон, микрофитобентос

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях все увеличивающиеся масштабы и мощность хозяйственной деятельности человека, а также глобальное изменение климата и его региональные проявления приводят к нарушению устойчивости и ухудшению качества вод. В данных условиях одной из актуальных задач становится оценка состояния водных экосистем и определение уровня оказываемой на них нагрузки.

Мониторинг состояния и качества поверхностных вод и их трансформаций может проводиться с использованием как физико-химических, так и биологических методов. Ограниченность гидрохимических и гидрофизических подходов к оценке водных экосистем состоит в том, что они не показывают характер и последствия воздействия на биоту поступающих в водный объект загрязнителей и их комплекса, а также факторов нехимической природы. На основе физико-химических показателей, таких как прозрачность воды, наличие взвешенных частиц, степень минерализации вод, ионный состав, чаще всего осуществляется экономическая и технологическая оценка вод, определяется их пригодность для питьевого водоснабжения и рыбоводства.

Биологическая индикация водной среды заключается в оценке ее экологического качества, степени загрязнения по структурным и экологическим характеристикам сообществ организмов, по наличию определенных показательных видов-индикаторов и их численности. Видовой состав гидробионтов служит интегральной характеристикой свойств водной среды за некоторый период времени [1]. Преимущество методов биоиндикации состоит в том, что они дают возможность оценить степень нарушенности природной системы динамических биологических связей в водоемах и обратимости — необратимости происходящих в них изменений [2; 3]. Среди гидробионтов-биоиндикаторов широко используются представители фитопланктона и микрофитобентоса, а именно микроскопические водоросли (прежде всего диатомовые) и цианобактерии, поскольку они присутствуют практически во всех водах в качестве доминантов и в системе трофических сетей входят в состав первичных продуцентов.

В практике биоиндикационных исследований применяются различные подходы к оценке экологического состояния водоемов, основанные на анализе фитопланктона и микрофитобентоса: сапробиологический анализ путем расчета значений индекса Пантле—Букка в модификации В. Сладечека и индекса Т. Ватанабе, графо-аналитический метод Г. Кнеппе, графический анализ таксономических пропорций в диатомовых комплексах Л.В. Разумовского и др. [2—6]. Анализ научной литературы [6—10] и собственные исследования автора статьи [11; 12] показывают большие возможности графического анализа таксономической структуры диатомовых комплексов в оценке состояния водных экосистем. Однако при исследовании современных водоемов, подвергающихся значительной антропогенной нагрузке, нередко возникают ситуации, когда в сообществах микроводорослей не обнаруживаются диатомеи, что ограничивает применение данного метода. Также необходимы четкие количественные критерии, позволяющие определять переход водной экосистемы из одного состояния в другое. Именно поэтому целью авторского исследования стало усовершенствование графического метода анализа таксономической структуры фитопланктона и микрофитобентоса, которое бы позволило использовать его для водоемов естественного и искусственного происхождения, испытывающих различный уровень нагрузки.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Метод графического сопоставления таксономических пропорций подробно изложен в работах Л.В. Разумовского [7; 8] и состоит из выполнения ряда таких действий:

- 1) определение относительной численности всех идентифицированных таксонов видового и более низкого рангов (форм и разновидностей) для каждого комплекса, отобранного в заданном пункте наблюдения. Желательно, чтобы выборки были одинаковы и сопоставимы по объему (500 особей);
- 2) ранжирование выборок по относительной численности от максимального к минимальному;
- 3) расчет результирующей путем осреднения нескольких ранжированных выборок, которое позволяет абстрагироваться от короткопериодных (суточных, сезонных) флуктуаций;

4) построение гистограмм распределения таксономических пропорций фитопланктона и микрофитобентоса в координатах: порядковый номер таксона в ранжированном ряду (ось абсцисс), его относительной численности (ось ординат), %. Линии строятся двумя способами: с учетом всего спектра таксонов и без учета таксонов с численностью ниже 1% (без «хвоста» гистограммы). Анализ полученных графиков ведется в линейной и логарифмической системах координат, при этом в последней анализируются не сами кривые, а их степенные тренды. Описание основных моделей соотношения численностей таксонов в сообществе приведено в работах В.К. Шитикова и Г.С. Розенеберга, Н.В. Лебедовой и Д.А. Криволицкого [1; 13].

Модернизация метода графического анализа таксономической структуры фитопланктона и микрофитобентоса состоит прежде всего в том, что графические построения для современных водных экосистем предлагается вести не только по диатомовым, но по всем группам микроводорослей (диатомовым, зеленым, эвгленовым и др.) и цианобактериям (ранее именуемым синезелеными водорослями) в связи с периодическим исчезновением диатомей из микрофитосообществ под влиянием антропогенной нагрузки. Данное нововведение не затрагивает водные экосистемы минувших эпох, для которых анализируются только диатомовые комплексы в виду сохранности в древнеозерных отложениях только створок диатомей.

Фактическими сведениями для исследований послужили:

— архивные и опубликованные материалы по диатомовой флоре из разрезов древнеозерных отложений: Польное Лапино в бассейне Верхнего Дона, Бибирево и Чёлсма-22 в Ярославско-Костромском Поволжье, Балашиха в бассейне Верхней Оки [14–16];

— собственные и архивные материалы изучения сообществ микроводорослей и цианобактерий Матырского (за период 2010–2016 годы) и Воронежского (1988–2016 годы) водохранилищ [11; 12; 17];

— архивные и опубликованные материалы изучения сообществ микроводорослей и цианобактерий озер Рамза и Кипец (2007–2014 годы), расположенных в пределах государственного природного заповедника «Воронинский» [12; 18].

Всего проанализированы данные по более 1650 пробам фитопланктона и микрофитобентоса.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные исследования позволили выявить закономерности изменения таксономической структуры фитопланктона и микрофитобентоса **неоплейстоценовых и современных водных экосистем** в зависимости от смены природных и природно-антропогенных условий [11]. На примере неоплейстоценовых озер (разрезы Польное Лапино, Бибирево, Балашиха) показано, что при благоприятных климатических условиях (во время климатического преоптимума и оптимума) наблюдаются логнормальные и плавные гиперболические очертания гистограмм распределения таксономических пропорций в диатомовых комплексах. Пики более 40% развития отдельных таксонов микроводорослей, «ломаная линия» и

непропорциональные гиперболические очертания гистограмм фиксируются при неблагоприятных природных условиях конца межледниковья — начала оледенения и позднеледниковья — начала следующего межледниковья и характеризуют кризисные состояния водных экосистем. Это соответствует кратковременным климатическим флуктуациям переходных этапов между ледниковыми и межледниковыми эпохами [19]. Для суровых перигляциальных условий криолитозоны характерны пики свыше пределов 50—60%, что подтверждается анализом диатомовых комплексов разреза Чёлсма-22. В современных водных экосистемах сходные изменения таксономической структуры сообществ микроводорослей и цианобактерий проявляются при усилении воздействия природно-антропогенных факторов [12]. Пример гистограммы распределения таксономических пропорций фитопланктона и микрофитобентоса в линейной системе координат приведен на рисунке 1.

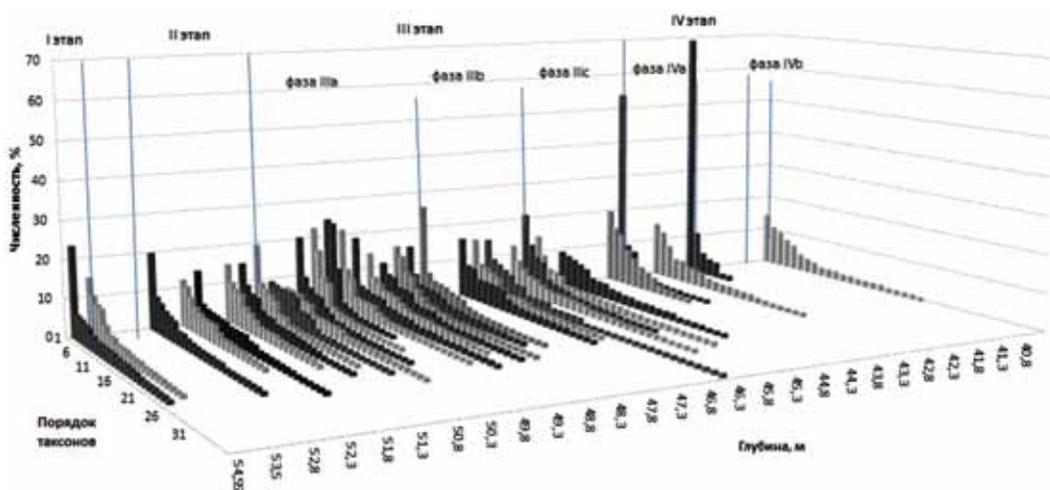


Рис. 1. Таксономическая структура диатомовых комплексов Бибиревского озера

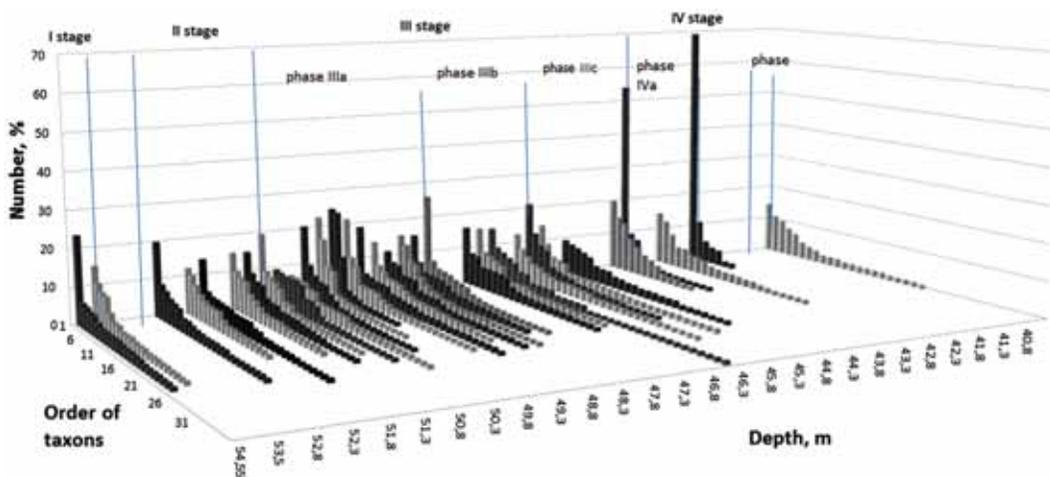


Fig. 1. Taxonomical structure of diatomic complexes of the Bibirevo lake

Выявленные закономерности изменения таксономической структуры položены в основу определения экологической нормы распределения таксономических пропорций в сообществах микроводорослей и цианобактерий современных водных экосистем. При этом учтен дифференцированный подход к водным объектам, согласно которому «для водных объектов заповедных территорий не допустимы никакие экологические модификации; для природных водоемов с умеренной антропогенной нагрузкой — не допустимы экологические модификации, ведущие к экологическому регрессу; для искусственных экосистем не допустимы экологические модификации, ведущие к экологическому и метаболическому регрессу» [20].

Для природных и природно-антропогенных водных экосистем незаповедных территорий нормой распределения таксономических пропорций в сообществах микроводорослей и цианобактерий являются логнормальные и плавные гиперболические очертания графиков таксономических пропорций с пиками до 40%. Пики выше 40%, а также переход графиков к непропорциональным гиперболическим очертаниям и очертаниям «ломаной линии» свидетельствуют о крайне сильном воздействии на водоемы, сравнимом с суровыми условиями позднеледниковья, переходом от межледниковья к оледенению. Такие признаки зафиксированы в различные годы в таксономической структуре фитопланктона и микрофитобентоса Матырского и Воронежского водохранилищ [11; 12].

На примере озер Рамза и Кипец определено, что для озер, расположенных на территории особо охраняемых природных территорий, предполагающих минимальный уровень антропогенного воздействия, нормой служат пики до 20%, логнормальный и логарифмический характер распределения графиков таксономических пропорций в сообществах микроводорослей и цианобактерий, что соответствует фоновому состоянию согласно теории экологических модификаций [12]. Сходные очертания принимают гистограммы в диатомовых комплексах межледниковых озер при наиболее благоприятных природных условиях. Уровни 20 и 40% совпадают с балльной шкалой оценок обилия микроводорослей и цианобактерий, где численность 20—40% соответствует 7 баллам («очень часто»), численность 40—100% соответствует 9 баллам («в массе») и характерна для доминирующих форм.

Проведенные исследования также позволили количественно определить пороговые показатели водной экосистемы, отражающие ее переход из одного состояния в другое, а также изменение уровня нагрузки на нее. Состояния водной экосистемы соотнесены с экологическими модификациями по В.А. Абакумову [19]. При графическом анализе в линейной системе координат критерии оценки следующие: 1) относительная численность первого таксона в ранжированном ряду (на графиках проявляется в виде пиков и отражает явление монодоминирования); 2) тип распределения и очертания графиков. Для определения типа распределения для каждой гистограммы подбираются различные тренды для оценки сходства (согласия) наблюдаемого (эмпирического) распределения с теоретическим распределением. Для оценки статистической достоверности графических построений рассчитывается коэффициент детерминации (R^2). Разработанная шкала оценочных критериев в линейной системе координат отражена в таблице 1.

Таблица 1

Критерии оценки уровня нагрузки на водную экосистему и ее состояния (экологической модификации по В.А. Абакумову) в линейной системе координат

Уровень нагрузки на водную экосистему	Численность первого таксона в ранжированном ряду, %	Гистограмма распределения таксономических пропорций		Состояние водной экосистемы
		Тип линии тренда	Форма гистограммы	
Низкий	<20	логистический $Y = \frac{\alpha}{1 + e^{b(x-x_0)}} + c$	сигмоидальная (выпукло-вогнутая)	«Фоновое состояние»
Средний	20—40	логистический	сигмоидальная (выпукло-вогнутая)	«Экологическое напряжение»
		экспоненциальный с малым показателем экспоненты ($Y = ae^{-bx}$, $b < 1$)	вогнутая	
Высокий	40—80	экспоненциальный с большим показателем экспоненты ($b > 1$)	вогнутая и «ломаная линия»	«Экологический регресс»
Очень высокий	>80			

Table 1

Evaluation criteria of load level on a water ecosystem and its state (ecological modification according to V.A. Abakumov) in the linear frame

Load level on a water ecosystem	The number of the first taxon in the ranged row, %	Histogram of distribution of taxonomical proportions		State of a water ecosystem (ecological modification)
		Type of trend line	Histogram form	
Low	<20	logistic $Y = \frac{\alpha}{1 + e^{b(x-x_0)}} + c$	sigmoidal (convexo-concave)	"background state"
Average	20—40	logistic	sigmoidal (convexo-concave)	"ecological stress"
		exponential with a small indicator exhibitors ($Y = ae^{-bx}$, $b < 1$)	concave	
High	40—80	exponential with a big indicator exhibitors ($b > 1$)	concave and "the broken line"	"ecological regress"
Очень высокий	>80			

Дополнительно проводится анализ в логарифмической системе координат, в которой зависимость между x и Y принимает вид функции $Y = kx^\alpha$, где α — показатель степенной функции (тренда). Показатель степени α определяет угол наклона линии и зависит от степени нагрузки на водоем: при ее усилении показатель степени α увеличивается. Соответственно, по его значению также можно оценить уровень нагрузки на водную экосистему и ее состояние, что отражено в разработанной шкале (табл. 2). Пример графика в логарифмической системе координат приведен на рисунке 2.

Для водоемов особо охраняемых природных территорий допустим только низкий уровень нагрузки, что соответствует фоновому состоянию экосистемы. Для водоемов незаповедных территорий допустим средний уровень нагрузки. При превышении нормы рекомендуется снижение антропогенной нагрузки на водную экосистему.

Таблица 2

Критерии оценки уровня нагрузки на водную экосистему и ее состояния (экологической модификации по В.А. Абакумову) в логарифмической системе координат

Уровень нагрузки на водную экосистему	α	Состояние водной экосистемы (экологическая модификация)
Низкий	$\alpha \geq -1$	«Фоновое состояние»
Средний	$-1,5 \leq \alpha < -1$	«Экологическое напряжение»
Высокий	$-3 \leq \alpha < -1,5$	«Экологический регресс»
Очень высокий	$\alpha < -3$	

Table 2

Evaluation criteria of load level on a water ecosystem and its state (ecological modification according to V.A. Abakumov) in the logarithmic frame

Load level on a water ecosystem	Value α — an index of a power function (trend)	State of a water ecosystem (ecological modification)
Low	$\alpha \geq -1$	“background state”
Average	$-1,5 \leq \alpha < -1$	“ecological stress”
High	$-3 \leq \alpha < -1,5$	“ecological regress”
Very high	$\alpha < -3$	

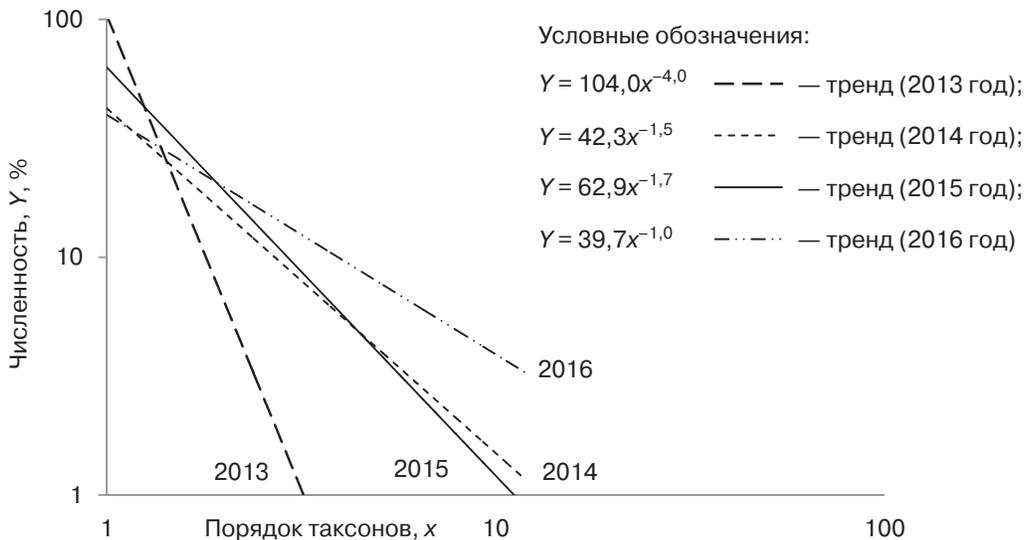


Рис. 2. Трансформации сообществ микроводорослей и цианобактерий Масловского затона Воронежского водохранилища ($0,8 < R^2 < 1,0$)

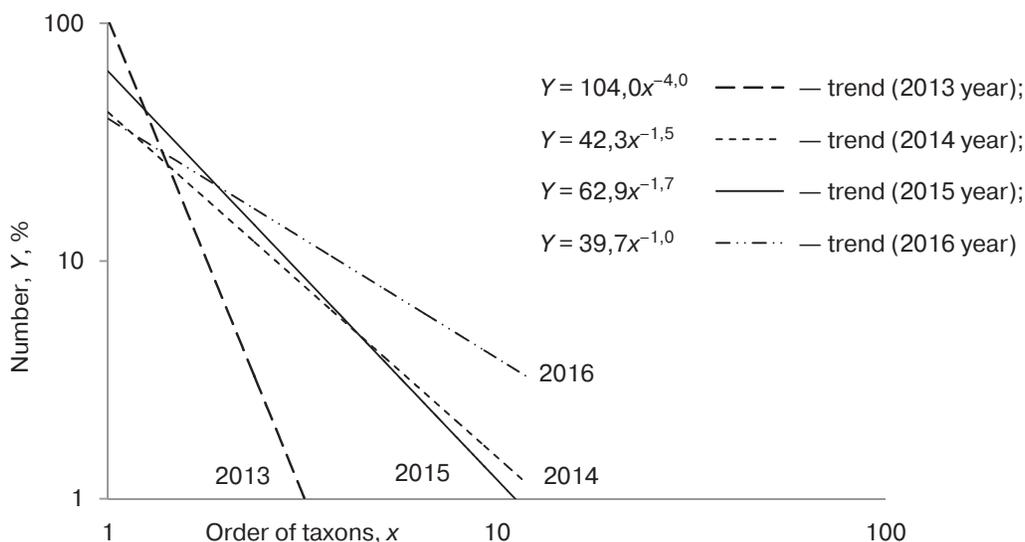


Fig. 2. Transformations of microalgas and cyanobacteria communities of the Maslovka backwater (Voronezh reservoir) ($0,8 < R^2 < 1,0$)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, чем более нестабильны и суровы условия, в которых развивается водоем, тем чаще наблюдается сверхдоминирование 1–2 таксонов микроводорослей или цианобактерий, тем выше пики и более непропорциональные очертания принимает гистограмма распределения таксономических пропорций, тем большие значения принимает показатель степенной функции на графиках в логарифмической системе координат. Разработанные количественные критерии и их градации позволяют повысить эффективность проведения оценки состояния водной экосистемы и уровня оказываемой на нее нагрузки на основе анализа таксономической структуры фитопланктона и микрофитобентоса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Шитиков В.К., Розенберг Г.С. Оценка биоразнообразия: попытка формального обобщения / Количественные методы экологии и гидробиологии: сб. науч. тр., посвященный памяти А.И. Баканова. Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. С. 91–129.
- [2] Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод. Л.: Зоологический институт АН СССР, 1974. 60 с.
- [3] Методика изучения биоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. С. 73–117.
- [4] Анциферова Г.А. Биоиндикация водных экосистем: учебно-методическое пособие для вузов. Воронеж: Изд. дом ВГУ, 2014. 57 с.
- [5] Баринаева С.С., Медведева Л.А. Метод Ватанабе в оценке органического загрязнения вод // Альгология. 1998. Т. 8. № 4. С. 428–448.
- [6] Разумовский Л.В. Оценка качества вод на основе анализа структуры диатомовых комплексов // Водные ресурсы. 2004. Т. 31. № 6. С. 742–750.
- [7] Разумовский Л.В. Оценка трансформации озерных экосистем методом диатомового анализа. М.: Геос, 2012. 199 с.

- [8] *Разумовский Л.В.* Природные и антропогенные трансформации водных экосистем Европейской части России по результатам диатомового анализа: автореф. дисс. ... д-ра геогр. наук. М., 2010. 50 с.
- [9] *Разумовский Л.В., Голобова М.А.* Долговременные трансформации диатомовых комплексов в озерах Борое и Глубокое // *Вестник Московского университета. Серия 16. Биология*. 2014. № 1. С. 19–23.
- [10] *Разумовский В.Л.* Выявление долговременных геоэкологических изменений малых горных озер методами диатомового анализа (Западный и Центральный Кавказ): автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. М., 2014. 25 с.
- [11] *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.
- [12] *Беспалова Е.В.* Оценка состояния водных экосистем Центрального Черноземья на основе анализа структурных перестроек комплексов микроводорослей и цианобактерий // *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем*. 2017. № 3. С. 84–95.
- [13] *Лебедева Н.В., Криволицкий Д.А.* Биологическое разнообразие и методы его оценки. География и мониторинг биоразнообразия. М.: Изд-во Научного и учебно-методического центра, 2002. С. 9–142.
- [14] *Анциферова Г.А.* Межледниковые озера центра Восточно-Европейской равнины. Палеоэкология, осадконакопление и эволюция диатомовой флоры: монография. Deutschland: Изд-во Palmarium Academic Publishing, 2014. 362 с.
- [15] *Анциферова Г.А.* Эволюция диатомовой флоры и межледникового осадконакопления центра Восточно-Европейской равнины // *Тр. Воронежского государственного университета*. Вып. 2. Воронеж, 2001. 198 с.
- [16] *Анциферова Г.А., Трегуб Т.Ф., Стародубцева Н.В.* Палеоботанические методы в палеоэкологии неоплейстоцена центра Восточно-Европейской равнины // *Тр. научно-исследовательского института геологии Воронежского государственного университета*. Вып. 31. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2005. 100 с.
- [17] *Анциферова Г.А., Беспалова Е.В.* Состояние водной среды Воронежского водохранилища в связи с экологической ситуацией в Масловском затоне // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*. 2016. № 2. С. 91–100.
- [18] *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.
- [19] *Новенко Е.Ю.* Изменения растительности и климата Центральной и Восточной Европы в позднем плейстоцене и голоцене в межледниковые и переходные этапы климатических макроциклов. М.: ГЕОС, 2016. 228 с.
- [20] *Абакумов В.А., Сиренко Л.А.* К методу контроля экологических модификаций фитоценозов / *Научные основы биомониторинга пресноводных экосистем: тр. советско-французского симпозиума*. Л.: Гидрометиздат, 1988. С. 117–131.

© Беспалова Е.В., 2018

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 10.02.2018

Дата принятия к печати: 28.02.2018

Для цитирования:

Беспалова Е.В. Оценка уровня нагрузки на водную экосистему и ее состояния на основе анализа структуры фитопланктона и микрофитобентоса // *Вестник Российского универ-*

ситета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 1. С. 7—17. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-7-17

Сведения об авторе:

Беспалова Елена Владимировна — аспирант кафедры природопользования факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета. E-mail: elena_bespalova@bk.ru

ASSESSMENT OF LEVEL OF WATER ECOSYSTEM AND ITS STATE ON THE BASIS OF ANALYSIS OF STRUCTURE OF PHYTOPLANKTON AND A MICROPHYTOBENTHOS

E.V. Bespalova

Voronezh State University
Kholzunova str., 40 (building of VSU № 5), Voronezh, 394068, Russian Federation

The conducted researches of taxonomical structure of phytoplankton and microphytobenthos of neopleistocene and modern water ecosystems of the center of the East European Plain allowed to reveal regularities of its change when changing natural and natural and anthropogenic conditions and also parameters of its environmental standard. It is offered at a research of the modern water ecosystems by method of graphic comparison of taxonomical proportions of phytoplankton and a microphytobenthos to consider all groups of microalgas and a cyanobacterium, and not just diatomic. Researches showed prospects of use of this approach for assessment of a condition of water ecosystems and level of the loading rendered on them. The threshold sizes of indexes of a water ecosystem reflecting its transition from one state to another and also change of level of load of it are quantitatively determined.

Key words: bioindication, microalgas, cyanobacteria, graphic analysis, taxonomical proportions, phytoplankton, microphytobenthos

REFERENCES

- [1] Shitikov V.K., Rosenberg G.S. Assessment of biodiversity: an attempt of the formal generalization. *In: Kolichestvennyye metody ekologii i gidrobiologii (sbornik nauchnykh trudov, posvyastshionnyi pamyati A.I. Bakanova. Togliatti: Samarskii nauchnyi tsentr Rossiiskoi akademii nauk, 2005: 91—129. (In Russ.)*
- [2] Makrushin A.V. Biological analysis of water quality. Leningrad: Zoologicheskii institut AN SSSR, 1974: 60. (In Russ.)
- [3] Technique of studying of biocenoses of internal reservoirs. 1975. Moscow: 73—117. (In Russ.)
- [4] Antsiferova G.A. Bioindication of water ecosystems: an educational and methodical grant for higher education institutions. Voronezh: Izdatel'skii dom VGU, 2014: 57. (In Russ.)
- [5] Barinova S.S., Medvedeva L.A. The method of Watanabe in assessment of organic pollution of waters. *Algology*. 1998; 8 (4): 428—448. (In Russ.)
- [6] Razumovsky L.V. Evaluation test of waters on the basis of the analysis of structure of diatomic complexes. *Vodnye resursy*. 2004; 31 (6): 742—750. (In Russ.)
- [7] Razumovsky L.V. Assessment of transformation of lake ecosystems by method of the diatomic analysis. Moscow: Geos, 2012: 199. (In Russ.)
- [8] Razumovsky L.V. Natural and anthropogenic transformations of water ecosystems of the European part of Russia by results of the diatomic analysis: the abstract of the thesis for a degree of the doctor of geographical sciences: 25.00.36. Moscow, 2010: 50. (In Russ.)

- [9] Razumovsky L.V., Gololobova M.A. Long-term transformation of diatom assemblages in Boro and Glubokoe lakes. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 16. Biologiya*. 2014; (1): 19–23. (In Russ.)
- [10] Razumovsky V.L. Identification of long-term geoecological changes of small mountain lakes by methods of the diatomic analysis (Western and Central Caucasus Mountains): the abstract of the thesis for a degree of the candidate of geographical sciences 25.00.36. Moscow, 2014: 25. (In Russ.)
- [11] Bespalova E.V. Graphical analysis of the structure of microalgae complexes in interglacial and modern aquatic ecosystems of the center of the Great Russian Plain. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Geografiya. Geoekologiya*. 2017; (2): 13–20. (In Russ.)
- [12] Bespalova E.V. Assessment of the condition of water ecosystems of the Central Chernozem region on the basis of the analysis of restructurings of complexes of microalgas and cyanobacteria. *Problems of environmental monitoring and model operation of ecosystems*. 2017; (3): 84–95. (In Russ.)
- [13] Lebedeva N.V., Krivolutsky D.A. Biological diversity and methods of its assessment. *Geografiya i monitoring bioraznoobraziya*. Moscow: Izdatel'stvo Nauchnogo i uchebno-metodicheskogo tsentra, 2002: 9–142. (In Russ.)
- [14] Antsiferova G.A. Interglacial lakes of the center of the East European Plain. Palaeoecology, sedimentation and evolution of diatomic flora: monograph. Deutschland: Palmarium Academic Publishing publishing house, 2014: 362. (In Russ.)
- [15] Antsiferova G.A. Evolution of diatomic flora and interglacial sedimentation of the center of the East European Plain. *Trudy Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta*. Voronezh, 2001; (2): 198. (In Russ.)
- [16] Antsiferova G.A., Tregub T.F., Starodubtsev N.V. Paleobotanicheskiye methods in a palaeoecology of a neopleistocene of the center of the East European Plain. *Trudy nauchno-issledovatel'skogo instituta geologii Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta*. Voronezh: Izdatel'skii dom VGU, 2005; (31): 100. (In Russ.)
- [17] Antsiferova G.A., Bespalova E.V. Condition of an aqueous medium of the Voronezh reservoir in connection with an ecological situation in the Maslovka backwater. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Geografiya. Geoekologiya*. 2016; (2): 91–100. (In Russ.)
- [18] Antsiferova G.A., Rusova N.I. Long-term consequences of the influence of anomalously high summer air temperatures of 2010–2012 on water ecosystems of a forest-steppe zone. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Geografiya. Geoekologiya*. 2017; (2): 5–12. (In Russ.)
- [19] Novenko E.Yu. Changes of vegetation and climate of Central and Eastern Europe in a late pleistocene and the Holocene in interglacial and transitional stages of climatic macrocycles. Moscow: GEOS, 2016: 228. (In Russ.)
- [20] Abakumov V.A., Sirenko L.A. To a control method of ecological modifications of fitotsenoz. *Scientific bases of biomonitoring of freshwater ecosystems: works of the Soviet-French symposium*. Leningrad: Gidrometizdat, 1988: 117–131. (In Russ.)

Article history:

Received: 10.02.2018

Revised: 28.02.2018

For citation:

Bespalova E.V. (2018) Assessment of level of load of a water ecosystem and its state on the basis of the analysis of structure of phytoplankton and a microphytobenthos. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 26 (1), 7–17. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-7-17

Bio Note:

Bespalova Elena Vladimirovna — postgraduate student of the Department of Nature management of the Faculty of Geography, Geo-ecology and Tourism, Voronezh State University. E-mail: elena_bespalova@bk.ru