УДК 502.3
ББК 20.1+20.18
С 34

Рецензенты

д.г.н. Бердников С.В., д.ф.-м.н. Тютюнов Ю.В.

Редакционная коллегия:

Академик Матишов Г.Г.(главный редактор),
д.э.н. Боровская М.А., к.ф.-м.н. Сурков Ф.А., к.г.н. Базелюк А.А.,
к.т.н. Архипова О.Е., к.ф.-м.н. Селютин В.В., к.т.н. Бойко В.В.

С 34 Экология. Экономика. Информатика. Сборник статей: в 2-х т. Т. 1: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. Выпуск 1. – Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2016. – 704 с. ISSN

Публикуется с максимальным сохранением авторской редакции.

В сборнике представлены статьи ведущих ученых и молодых специалистов, посвященные современным подходам к системным исследованиям и математическому моделированию экономических, экологических и эколого-экономических систем, а также вопросам рационального использования природных ресурсов.

*Издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
по проекту 6-35-10211 мол-г*

ISSN

УДК 502.3
ББК 20.1+20.18

© Институт аридных зон, 2016
© Южный научный центр РАН, 2016
© Южный федеральный университет, 2016

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА ЛОКАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ НОРМ НА ПРИМЕРЕ ДАННЫХ ПО СОСТОЯНИЮ ВОД РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

1

Рисник Д.В., Фурсова П.В., Милько Е.С.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
e-mail: biant3@mail.ru, polina.fursova@gmail.com, esmilko@mail.ru

1. ВВЕДЕНИЕ

В существующих классификаторах качества экосистем (как по биологическим, так и по физико-химическим показателям) границы между значениями показателей из разных классов вводят, исходя из различных предпосылок: по экспертным оценкам (см., например, [1–4]), кратно нормативам ПДК [5], по особым точкам модельных математических функций, описывающих экологические данные (например, [6–8]). Каждый из этих подходов сталкивается с трудностями: субъективностью экспертных оценок; неэффективностью нормативов ПДК, связанной с переносом на природные объекты результатов лабораторных испытаний [9–11]; ограниченностью формальных аппроксимаций экологических зависимостей.

В статье сделана попытка по возможности преодолеть указанные трудности на пути анализа натуральных данных без привлечения субъективных или модельных предпосылок.

2. МАТЕРИАЛЫ

Материалом для анализа послужили данные: по количественному видовому составу фитопланктона Рыбинского водохранилища, по содержанию пигментов в пробах, по скорости фотосинтеза в поверхностном слое воды, по темновой ассимиляции углекислого газа, по показателям быстрой флуоресценции фитопланктона, по характеристикам индукционных кривых фотосинтеза, а также физико-химическим характеристикам воды. В июне-октябре 2010 года в рейсах по Рыбинскому водохранилищу экспедиционного судна ФГБУН Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН (ИБВВ) «Академик Топчиев» вместе с исследователями ИБВВ участвовали сотрудники кафедры биофизики биологического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова. Сотрудники ИБВВ проводили измерения биологических и физико-химических характеристик экосистемы Рыбинского водохранилища в соответствии с принятой в ИБВВ многолетней программой наблюдений, сотрудники биологического факультета

¹ Работа частично поддержана грантами РФФИ №№ 14–04–00143, 14–04–01873, 16–04–01024.

измеряли показатели флуоресценции фитопланктона с помощью бортовых флуориметров «МЕГА-25» и «R01» [12, 13].

Первичными измеряемыми характеристиками послужили:

- Солевой состав вод (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , сумма ионов).
- Содержание биогенных элементов (нитриты, нитраты, аммоний, общий азот, фосфаты, общий фосфор).
- Содержание органических веществ (органический углерод во взвеси).
- Физические характеристики (температура, электропроводность, цветность).
- БПК₅, ХПК (биологическое потребление кислорода за пять суток и химическое потребление кислорода соответственно).
- Кислотность и щелочность.
- Содержание нефтепродуктов.
- Содержание пигментов фитопланктона (хлорофиллы "а", "b", "с", феопигменты, чистый хлорофилл "а" – с поправкой на феопигменты).
- Численность, объем и биомасса видов и отделов фитопланктона.
- Скорость фотосинтеза в поверхностном слое воды.
- Темновая ассимиляция углекислоты.
- Фоновый и максимальный уровни флуоресценции.

3. ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МЕТОДЫ

Методы определения и расчета индикаторов

Во всех пробах определяли переменную флуоресценцию растворенного органического вещества (РОВ) и фитопланктона. Были измерены и рассчитаны следующие показатели [14, 15]: F_0 – фоновый уровень флуоресценции в пробе, F_m – максимальный уровень флуоресценции в пробе, $F_{\text{РОВ}}$ – уровень флуоресценции РОВ; $F_{0 \text{ фито}}$ ($F_{0 \text{ фито}} = F_0 - F_{\text{РОВ}}$) – фоновый уровень флуоресценции фитопланктона, $F_{m \text{ фито}}$ ($F_{m \text{ фито}} = F_m - F_{\text{РОВ}}$) – максимальный уровень флуоресценции фитопланктона.

В качестве гидробиологических биоиндикационных характеристик рассматривали общую численность и биомассу ($N_{\text{общ}}$ и $B_{\text{общ}}$ соответственно) водорослей в пробе, численность и биомассу отделов Cyanophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta, Cryptophyta, Dinophyta, Chrysophyta, Euglenophyta, Xanthophyta (N_{Cyan} , N_{Bacil} , N_{Chlor} , N_{Crypto} , N_{Dino} , N_{Chryso} , N_{Euglen} , N_{Xantho} , соответственно; B_{Cyan} , B_{Bacil} и т.д.), показатели таксономической и размерной структуры, индексы видового разнообразия Шеннона и Симпсона, содержания пигментов, скорость фотосинтеза в поверхностном слое воды, ассимиляцию углекислого газа, индекс сапробности, показатели переменной флуоресценции.

Показатели таксономической структуры для видов включали параметры экспоненциальной модели рангового распределения численности соответственно для двух доминирующих видов и всех видов в пробе (z_2 , $z_{\text{общ}}$), аналогичные параметры гиперболической модели рангового распределения численности (β_2 , $\beta_{\text{общ}}$),

индексы выравненности соответственно для 1, 2, 3 и 4 доминирующих видов в пробе (e_1, e_2, e_3 и e_4), индексы видового разнообразия Шеннона (H) и Симпсона (M) для всей пробы. Показатели таксономической структуры для отделов также включали параметры рангового распределения численности отделов в пробе соответственно для двух доминирующих отделов и всех отделов пробы ($z'_{\text{общ}}$ и $\beta'_{\text{общ}}$, z'_2 и β'_2), индексы выравненности соответственно для одного и двух доминирующих отделов в пробе (e'_1 и e'_2), относительную численность и биомассу всех отделов ($N_i/N_{\text{общ}}$, $B_i/B_{\text{общ}}$), индексы разнообразия Шеннона (H') и Симпсона (M') для отделов. Расчет параметров моделей рангового распределения видов в пробе описан ранее [16–20].

Для характеристики размерной структуры фитопланктона рассчитывали средний размер клеток в пробе ($\bar{m}$) как отношение численности и биомассы.

Сапробность оценивали с помощью индекса Пантле–Букк [21] в модификации Сладчека [22].

Метод расчета локальных экологических норм (метод ЛЭН)

Метод ЛЭН [23–25] основан на компьютерном анализе распределения значений биологических и физико-химических характеристик, а именно на поиске таких границ нормы индикатора (ГНИ – разделяющих «норму» и «отклонение от нормы» значений индикатора) и границ нормы фактора (ГНФ – разделяющих «норму» и «отклонение от нормы» значений фактора), чтобы «норма» индикатора соответствовала «норме» фактора, а «отклонение» по значениям фактора – «отклонению» по индикатору.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ

Выявление факторов среды, приводящих к экологическому неблагополучию, и расчеты границ классов качества для индикаторов и факторов

Расчеты проводили в Программе по установлению границ качественных классов [26], реализующей алгоритмы метода ЛЭН, при следующих значениях параметров поиска при доверительной вероятности результатов $\geq 95\%$.

Найденные для каждого из индикаторов существенные факторы, границы нормы, полноты факторов приведены в таблице 1. Факторы ранжированы по полноте, т.е. упорядочены в порядке убывания их вклада в величину отклонения от нормы значений биоиндикатора.

Полученные зависимости легко интерпретировать. Например, высокие (более 17 мкг/л) концентрации хлорофилла сопряжены с интервалом температур от 10 до 25.7°C, а низкие концентрации хлорофилла сопутствуют температуре ниже 10°C и выше 25.7°C. Или – высокие (более 1.48) показатели флуоресценции фитопланктона возможны при содержании в воде соединений азота в концен-

трациях выше 0.78 мг N/л., соответственно, низкая флуоресценция фитопланктона (менее 1.48) сопутствует пониженной (менее 0.78 мг N/л) концентрации азота. Другими словами, метод ЛЭН дает строгую количественную интерпретацию границам качественных классов.

Таблица 1

Области нормы индикаторов (> нижней ГНИ, < верхней ГНИ, нижняя ГНИ-верхняя ГНИ) и факторов (> нижней ГНФ, < верхней ГНФ, нижняя ГНФ-верхняя ГНФ), рассчитанные по данным 2010 года.
Факторы упорядочены в порядке убывания полноты (П) их вклада в степень неблагополучия индикатора.
Обозначения ГНИ – граница нормы индикатора, ГНФ – граница нормы фактора.

Индикатор и его область нормы	Фактор	Область нормы фактора	П
$B_{\text{Basil}}/B_{\text{общ}}$ 0.12–0.31	Ca ²⁺ , мг/л	>27.3	0.63
	Сумма ионов, мг/л	>147	0.50
	HCO ₃ ⁻ , мг/л	>97	0.47
	Mg ²⁺ , мг/л	>5.95	0.47
	N _{общ} , мг N/л	<0.95	0.40
$B_{\text{Chryso}}/B_{\text{общ}}$ >0.010	Mg ²⁺ , мг/л	<5.95	0.74
	NH ₄ ⁺ , мг N/л	>0.04	0.65
	NO ₃ ⁻ , мг N/л	>0.06	0.58
	pH	>7.95	0.52
	Cl, мг/л	<2.84	0.52
	ХПК, мг O ₂ /л	<36.2	0.48
$N_{\text{Basil}}/N_{\text{общ}}$ 0.03–0.07	Щелочность, мг/л	<95	0.44
	N _{общ} , мг N/л	>0.71	0.37
	PO ₄ ³⁻ , мг P/л	<0.04	0.25
$N_{\text{Cyan}}/N_{\text{общ}}$ 0.84–0.95	Сумма ионов, мг/л	>153	0.56
	Ca ²⁺ , мг/л	>27.1	0.56
	HCO ₃ ⁻ , мг/л	>101	0.56
	t воды, °C	<19.2	0.38
	БПК ₅ , мг O ₂ /л	<1.82	0.38
Хлорофилл “а” >17 мкг/л	P _{общ} , мг P/л	>0.07	0.50
	ХПК, мг O ₂ /л	>34.5	0.50
	Электропроводность, мкСм/см	>168	0.46
	t воды, °C	10–25.7	0.42
	Mg ²⁺ , мг/л	5.71–7.90	0.38
	NO ₃ ⁻ , мг N/л	<0.07	0.33

Продолжение табл. 1

Индикатор и его область нормы	Фактор	Область нормы фактора	П
e_4 >0.10	БПК ₅ , мг O ₂ /л	>2.31	0.59
	Цветность, градусы по Pt-Co шкале	>60	0.52
	HCO ₃ ⁻ , мг/л	>94	0.41
	Сумма ионов, мг/л	>154	0.39
	pH	>8.01	0.39
	t воды, °C	>13	0.37
	SO ₄ ²⁻ , мг/л	<13	0.30
$F_{0\text{ PОВ}}$ >0.41	Электропроводность, мкСм/см	>178.20	0.61
	PO ₄ ³⁻ , мг P/л	<0.02	0.37
	Ca ²⁺ , мг/л	>27.10	0.35
	Сумма ионов, мг/л	>154	0.32
	Mg ²⁺ , мг/л	>5.95	0.30
t воздуха, °C	>18.87	0.20	
$F_{\text{м фито}}$ >1.48	N _{общ} , мг N/л	>0.78	0.40
	P _{общ} , мг P/л	>0.07	0.39
	t воды, °C	18.1–25.7	0.35
	ХПК, мг O ₂ /л	>34.50	0.35
	БПК ₅ , мг O ₂ /л	1.05–2.96	0.32
	HCO ₃ ⁻ , мг/л	>102	0.30
	Ca ²⁺ , мг/л	>26.70	0.28
N_{Chryso} >0.50 тыс. кл./л	NO ₃ ⁻ , мг N/л	>0.06	0.59
	t воды, °C	>15.80	0.55
	pH	>7.95	0.52
	ХПК, мг O ₂ /л	<37.2	0.45
$N_{\text{общ}}$ >7900 тыс. кл./л	Cl, мг/л	<2.84	0.48
	NH ₄ ⁺ , мг N/л	<0.04	0.41
	NO ₃ ⁻ , мг N/л	<0.10	0.41
	Щелочность	<103	0.34
	pH	<8.08	0.32
	PO ₄ ³⁻ , мг P/л	<0.04	0.28
z_2' >0.19	SO ₄ ²⁻ , мг/л	<12.50	0.45
	t воды, °C	<20.50	0.26
β_2' <3.78	Mg ²⁺ , мг/л	<6.40	0.72
	NO ₃ ⁻ , мг N/л	>0.04	0.44
M' >0.975	Ca ²⁺ , мг/л	>24.20	0.35

Оценка экологического состояния водоема может быть проведена как по биологическим показателям с помощью ГНИ (проверка принадлежностей значений

биоиндикаторов к тому или иному классу качества), так и по физико-химическим показателям с помощью ГНФ (проверка того, превышают ли значения факторов допустимый уровень воздействия, или нет, что соответствует практике оценки по нормативам ПДК), причём результаты оценки будут совпадать.

Сравнение биоиндикаторов

Отдельные строки приведенной выше таблицы несут следующую информацию: например, исходя из данных табл. 1, при значениях относительной биомассы диатомовых водорослей ($B_{\text{Bacil}}/B_{\text{общ}}$) ниже 0.45 (ГНИ) значения индикатора попадают в «неблагополучную» область, причём на 48 % (полнота фактора) это может быть объяснено снижением ХПК до уровней ниже 33.4 (НГНФ).

Можно отметить, что в целом наибольшее влияние на неблагоприятие экосистемы Рыбинского водохранилища оказывают такие факторы, как температура воды, содержание кальция, магния и нитрат-ионов. Нижеследующий раздел содержит раскрытие возможных механизмов влияния факторов на фотосинтетический аппарат фитопланктона.

Возможные биофизические механизмы влияния существенных для экологического неблагоприятия факторов среды на показатели флуоресценции фитопланктона

Температура воды и воздуха. Связь между показателями флуоресценции и температурой воды встречается наиболее часто, т.е. температура воды действует неспецифично. Зависимость состояния фотосинтетического аппарата от изменения температуры может быть представлена в виде одновершинной кривой, где вершина соответствует оптимальным температурным условиям. Известно [27], что физиологический оптимум для фотосинтетического аппарата лежит в диапазоне 20–25°C, что согласуется с полученными ГНФ (18.1–25.7°C для показателей флуоресценции по самой строгой оценке, т.е. выбрана самая верхняя НГНФ и самая нижняя ВГНФ (здесь и далее)). Несмотря на то, что первичные реакции фотосинтеза практически не зависят от температуры, транспорт электронов и синтез АТФ демонстрируют такую зависимость.

Содержание катионов кальция и магния. Кальций играет роль в фоторецепции и светозависимом синтезе в хлоропластах. Магний входит в состав хлорофилла. В процесс фотосинтеза также вовлечено множество фосфорилированных соединений, тогда как процессы фосфорилирования требуют присутствия магния.

Содержание общего азота и нитрат-ионов. Поскольку в фотосинтетическом аппарате значительную роль играют белковые мультиферментные комплексы, содержание азота играет важнейшую роль в фотосинтетической активности организма и ресинтезе белков. Верхние ГНФ для азота найдены не были, что косвенно свидетельствует о том, что мониторинг проводился в водоеме, не под-

верженном эвтрофикации, благодаря чему можно считать обилие фитопланктона в целом благоприятным для водоема. Нижние ГНФ находятся на уровне 0.78 и 0.04 для общего азота и нитрат-ионов соответственно.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существующая проблема нормирования неблагоприятных воздействий на природные водные экосистемы находит решение с помощью различных подходов, например биоиндикации, биотестирования, лабораторных экспериментов, с привлечением широкого спектра показателей, основную массу которых можно отнести к гидробиологическим. С появлением биофизических методов исследования фитопланктона все более доступными становятся показатели быстрой флуоресценции растительных организмов. В большинстве случаев подобные показатели регистрируют состояние организмов значительно быстрее, точнее и проще, чем гидробиологические, а современная приборная база с высокой степенью вовлеченности компьютерных технологий дает возможность оперативной обработки получаемой информации.

В работе апробирован метод локальных экологических норм, позволяющий устанавливать количественные границы классов качества для индикаторов и факторов по «размытым» экологическим данным.

Найденные связи «индикатор-фактор» свидетельствуют о широком спектре факторов, действующих на показатели флуоресценции фитопланктона. Влияние этих факторов интерпретировано с позиций биофизики.

Инструментальность, точность и быстрота биофизических тестов позволяет использовать их в качестве предпочтительного метода анализа экологического состояния водных объектов. Гидробиологические подходы к биоиндикации, тем не менее, могут выявить дополнительные существенные для возникновения экологического неблагополучия факторы среды.

Метод ЛЭН позволил провести анализ природных данных и установить связи между факторами среды и биоиндикаторами. Было установлено, что причины неблагополучия в состоянии исследованных экосистем наиболее полно отражают содержание хлорофилла «а» и максимальный уровень флуоресценции фитопланктона. Были найдены как верхние, так и нижние границы нормы факторов. Наибольший вклад в отклонение от нормы значений исследуемых индикаторов в Рыбинском водохранилище вносят температура воды, содержание азота нитратов и концентрации ионов кальция и магния.

Список литературы

1. Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод. 1986. Утв. Госкомгидрометом СССР 22.09.1986 г. № 250–1163. М., 5 с.

2. Васильева Е.А., Виниченко В.Н., Гусева Т.В. и др. 1998. Как организовать общественный экологический мониторинг. Под ред. Хотулевой М.В., М., СоЭС – Методический центр “Эколайн”: 256 с.
3. Организация и проведение режимных наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши на сети Росгидромета. Методические указания. Охрана природы. Гидросфера. 1992. РД 52.24.309–92. СПб., Гидрометеиздат: 67 с.
4. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. 1992. Утверждено Приказом Минприроды РФ от 30 ноября 1992 г. 51 с.
5. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. 2010. Приказ Федерального агентства по рыболовству № 20 от 18.01.2010.
6. Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. 1994. Экологическое нормирование техногенных загрязнений. Екатеринбург, Наука: 280 с.
7. Яковлев А.С., Гендугов В.М., Глазунов Г.П. и др. 2009. Методика экологической оценки состояния почвы и нормирования ее качества. Почвоведение. (8): 984–995.
8. Бикбулатов Э.С., Степанова И.Э. 2011. Функции желательности Харрингтона для оценки качества природных вод. Экологическая химия. 20 (2): 94–104.
9. Федоров В.Д. 1974. К стратегии биологического мониторинга. Биол. науки. (10): 7–17.
10. Абакумов В.А., Сущеня Л.М. 1991. Гидробиологический мониторинг пресноводных экосистем и пути его совершенствования. Экологические модификации и критерии экологического нормирования. Труды международного симпозиума. Л., Гидрометеиздат: 41–51.
11. Левич А.П., Булгаков Н.Г., Максимов В.Н. 2004. Теоретические и методические основы технологии регионального контроля природной среды по данным экологического мониторинга. М., НИИ-Природа: 271 с.
12. Бикбулатов Э.С., Бикбулатова Е.М., Булгаков Н.Г. и др. 2011. Данные совместных измерений биологических и физико-химических характеристик экосистемы Рыбинского водохранилища. Борок-Москва, МАКС-Пресс: 65 с.
13. Бикбулатов Э.С., Бикбулатова Е.М., Бобырев П.А. и др. 2014. Данные совместных измерений биологических и физико-химических характеристик экосистемы Рыбинского водохранилища. Часть 2 Борок-Москва: МАКС-Пресс: 85 с.
14. Маторин Д.Н., Осипов В.А., Яковлев О.В. и др. 2010. Определение состояния растений и водорослей по флуоресценции хлорофилла. М., МАКС Пресс: 116 с.
15. Маторин Д.Н., Осипов В.А., Рубин А.Б. 2012. Методика измерений обилия и индикации изменений состояния фитопланктона в природных водах флуоресцентным методом. Теоретические и практические аспекты. М., Альтекс: 136 с.
16. Motomura I. 1932. Statistical treatment of association. Japan J. Zool. 44: 379–383.
17. Mandelbrot B.B. 1965. Information theory and psycholinguistics. Scientific Psychology: Principles and Approaches. N.Y., Basic Book: 550–562.
18. Левич А.П. 1978. Экстремальный принцип в теории сообществ. Проблемы эко-

- логического мониторинга и моделирования экосистем. Л., Гидрометеоиздат, 1: 164–182.
19. Левич А.П. 1980. Структура экологических сообществ. М., Изд-во Москов. ун-та: 180 с.
 20. Левич А.П., Забурдаева Е.А., Максимов В.Н. и др. 2009. Поиск целевых показателей качества для биоиндикаторов экологического состояния и факторов окружающей среды (на примере водных объектов бассейна Дона). Водные ресурсы. 36 (6): 730–742.
 21. Pantle R., Buck H. 1955. Die biologische Überwachung der Gewässer und Darstellung der Ergebnisse. Gas- und Wasserwach. 96 (8): 1–604.
 22. Sládeček V. 1973. System of water quality from the biological point of view. Arch. Hydrobiol. Ergebn. Limnol, (7): 1–218.
 23. Левич А.П., Булгаков Н.Г., Максимов В.Н. и др. 2011. “In situ”-технология установления локальных экологических норм. Материалы объединенного пленума РАН по гидробиологии и ихтиологии, Гидробиологического общества при РАН и Межведомственной ихтиологической комиссии “Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоемов”. М., Товарищество научных изданий КМК: 30–55.
 24. Левич А.П., Булгаков Н.Г., Рисник Д.В. и др. 2013. Методические проблемы анализа экологических данных и пути их решения: метод локальных экологических норм. Доклады по экологическому почвоведению. 18 (1): 9–22.
 25. Левич А.П., Рисник Д.В., Фурсова П.В. 2015. Точные методы анализа нефункциональных зависимостей между биологическими и физико-химическими характеристиками окружающей среды. Экология, экономика, информатика. Сборник статей. – Т. 1: Экологические исследования и экологический мониторинг. Издательство Южного Федерального университета Ростов-на-Дону: 158–180.
 26. Гончаров И.А., Левич А.П., Рисник Д.В. 2012. Программа установления границ качественных классов для количественных характеристик систем и установления взаимосвязи между характеристиками (Программа установления ГКК). Роспатент № 2012616523.
 27. Алехина Н.Д., Балнокин Ю.В., Гавриленко В.Ф. и др. 2005. Физиология растений: Учебник для студ. вузов. Под ред. И.П. Ермакова. М., Издательский центр “Академия”: 640 с.

APPLICATION OF THE METHOD FOR CALCULATION OF LOCAL ENVIRONMENTAL NORMS ON THE EXAMPLE OF WATER RYBINSK RESERVOIR DATA

Risnik D.V., Fursova P.V., Mil'ko E.S.

Lomonosov Moscow State University, Russia,
email: biant3@mail.ru, polina.fursova@gmail.com, esmilko@mail.ru

Abstract. The paper was tested method of calculating water quality class boundaries for environmental diagnostics and standardization according to the Rybinsk Reservoir. Indicators of phytoplankton fluorescence, indicators and indicators specific structure of the content of phytoplankton pigments had been used for bioindication. The content of chlorophyll "a" and the maximum level of phytoplankton fluorescence most fully reflect the causes of ill-being able to explore the ecosystems. Water temperature, nitrate nitrogen concentration, calcium and magnesium ions contribute most to the deviation from the norm of studied indicator values in the Rybinsk Reservoir. The results indicate the possibility of a successful and priority application of biophysical bio-indicators to assess the ecological status of the water.

Keywords: analysis of interaction, water quality, phytoplankton, quality standards.

References

1. Vremennye metodicheskie ukazaniya po kompleksnoy otsenke kachestva poverkhnostnykh i morskikh vod [Interim guidance on a comprehensive assessment of the quality of surface and marine waters]. 1986. Approved by the State Committee of the USSR of 22.09.1986 No. 250–1163. Moscow: 5 p. (In Russian)
2. Vasil'eva E.A., Vinichenko V.N., Guseva T.V. et al. 1998. Kak organizovat' obshchestvennyy ekologicheskiy monitoring [How to organize a public environmental monitoring]. Ed. Khotuleva M.V., Moscow, SEU – Methodological Center "Ecoline": 256 p. (In Russian)
3. Organizatsiya i provedenie rezhimnykh nablyudeniya za zagryazneniem poverkhnostnykh vod sushi na seti Rosgidrometa. Metodicheskie ukazaniya. Okhrana prirody. Gidrosfera [Organization and carrying out routine observations of pollution of surface waters in the Roshydromet network. Methodical instructions. Protection of Nature. Hydrosphere]. 1992. RD 52.24.309–92. Saint Petersburg, Gidrometeoizdat: 67 p. (In Russian)
4. Kriterii otsenki ekologicheskoy obstanovki territoriy dlya vyyavleniya zon chrezvychaynoy ekologicheskoy situatsii i zon ekologicheskogo bedstviya [Criteria for assessing the environmental situation of territories to identify areas of ecological emergency and ecological disaster zones]. 1992. Approved by the Order of the RF Ministry of Natural Resources on November 30, 1992. 51 p. (In Russian)
5. Ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnykh ob'ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'noy dopustimyykh kontsentratsiy vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob'ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya

- [Approval of the water bodies of water quality standards for fishery, including the standards of maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of fishery water bodies]. 2010. Fisheries No. 20 of 18.01.2010 Order of the Federal Agency. (In Russian)
6. Vorobeychik E.L., Sadykov O.F., Farafontov M.G. 1994. *Ekologicheskoe normirovanie tekhnogennykh zagryazneniy* [Environmental regulation of man-made pollution]. Ekaterinburg, Hayka: 280 p. (In Russian)
 7. Yakovlev A.S., Gendugov V.M., Glazunov G.P. et al. 2009. [Methods of environmental assessment of soil conditions and the valuation of its quality]. *Soil science*. (8): 984–995. (In Russian)
 8. Bikbulatov E.S., Stepanova I.E. 2011. [Harrington desirability functions for evaluating the quality of natural waters]. *Ekologicheskaya khimiya*. 20 (2): 94–104. (In Russian)
 9. Fedorov V.D. 1974. [For biological monitoring strategy]. *Biol. nauki*. (10): 7–17. (In Russian)
 10. Abakumov V.A., Sushchenya L.M. 1991. *Gidrobiologicheskii monitoring presnovodnykh ekosistem i puti ego sovershenstvovaniya*. *Ekologicheskie modifikatsii i kriterii ekologicheskogo normirovaniya* [Hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems and ways of its improvement. Environmental modification and criteria for environmental regulation]. Proceedings of the International Symposium. Leningrad, Gidrometeoizdat: 41–51. (In Russian)
 11. Levich A.P., Bulgakov N.G., Maksimov V.N. 2004. *Teoreticheskie i metodicheskie osnovy tekhnologii regional'nogo kontrolya prirodnoy sredy po dannym ekologicheskogo monitoringa* [Theoretical and methodological foundations of regional technology control environment according to ecological monitoring]. Moscow, NIA-Priroda: 271 p. (In Russian)
 12. Bikbulatov E.S., Bikbulatova E.M., Bulgakov N.G. et al. 2011. *Dannye sovmestnykh izmereniy biologicheskikh i fiziko-khimicheskikh kharakteristik ekosistemy Rybinskogo vodokhranilishcha* [These joint measurements of biological and physico-chemical characteristics of the ecosystem of the Rybinsk Reservoir]. Borok-Moscow, MAKS-Press: 65 p. (In Russian)
 13. Bikbulatov E.S., Bikbulatova E.M., Bobyrev P.A. et al. 2014. *Dannye sovmestnykh izmereniy biologicheskikh i fiziko-khimicheskikh kharakteristik ekosistemy Rybinskogo vodokhranilishcha. Chast' 2* [These joint measurements of biological and physico-chemical characteristics of the ecosystem of the Rybinsk Reservoir. Part 2]. Borok-Moscow, MAKS-Press: 85 p. (In Russian)
 14. Matorin D.N., Osipov V.A., Yakovlev O.V. et al. 2010. *Opreделение sostoyaniya rasteniy i vodorosley po fluorestsentsii khlorofilla* [Determination of the status of plants and algae chlorophyll fluorescence]. Moscow, MAKS-Press: 116 p. (In Russian)
 15. Matorin D.N., Osipov V.A., Rubin A.B. 2012. *Metodika izmereniy obiliya i indikatsii izmeneniy sostoyaniya fitoplanktona v prirodnykh vodakh fluorestsentsnym metodom*. *Teoreticheskie i prakticheskie aspekty* [Methods of measuring the abundance of phytoplankton and display the status changes in the natural waters of the fluorescence method. Theoretical and practical aspects]. Moscow, Al'teks: 136 p. (In Russian)
 16. Motomura I. 1932. *Statistical treatment of association*. *Japan J. Zool.* 44: 379–383. (In English)

17. Mandelbrot B.B. 1965. Information theory and psycholinguistics. *Scientific Psychology: Principles and Approaches*. N.Y., Basic Book: 550–562. (In English)
18. Levich A.P. 1978. [Extreme principle in the theory of communities]. *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem*. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1: 164–182. (In Russian)
19. Levich A.P. 1980. *Struktura ekologicheskikh soobshchestv* [The structure of ecological communities]. Moscow, Izd-vo Moskov. yn-ta: 180 p. (In Russian)
20. Levich A.P., Ziburdaeva E.A., Maksimov V.N. et al. 2009. [Search quality targets for bio-indicators of environmental conditions and environmental factors (for example, water bodies Don basin)]. *Water resources*. 36 (6): 730–742. (In Russian)
21. Pantle R., Buck H. 1955. Die biologische Überwachung der Gewässer und Darstellung der Ergebnisse. *Gas- und Wasserwach*. 96 (8): 1–604. (In English)
22. Sládeček V. 1973. System of water quality from the biological point of view. *Arch. Hydrobiol. Ergebn. Limnol*, (7): 1–218. (In English)
23. Levich A.P., Bulgakov N.G., Maksimov V.N. et al. 2011. [“In situ” -technology establish local environmental regulations]. *Proceedings of the joint plenum of the RAS for Hydrobiology and Ichthyology, Hydrobiological Society at the Russian Academy of Sciences and the Interdepartmental Commission Ichthyological “Questions state reservoirs evaluation system of environmental regulation and development.”* Moscow, *Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK*: 30–55. (In Russian)
24. Levich A.P., Bulgakov N.G., Risnik D.V. et al. 2013. [Methodical problems of analysis of environmental data and ways to solve them, the method of local environmental regulations]. *Doklady po ekologicheskomu pochvovedeniyu*. 18 (1): 9–22. (In Russian)
25. Levich A.P., Risnik D.V., Fursova P.V. 2015. [Accurate methods for the analysis of non-functional relationships between biological and physico-chemical characteristics of the environment]. *Ekologiya, ekonomika, informatika. Sbornik statey*. T.1: *Ekologicheskie issledovaniya i ekologicheskiy monitoring*. Rostov-on-Don, *Izdatel'stvo Yuzhnogo federal'nogo universiteta*: 158–180. (In Russian)
26. Goncharov I.A., Levich A.P., Risnik D.V. 2012. *Programma ustanovleniya granits kachestvennykh klassov dlya kolichestvennykh kharakteristik sistem i ustanovleniya vzaimosvyazi mezhdru kharakteristikami (Programma ustanovleniya GKK)* [The program of demarcation of quality classes for quantitative characteristics of systems and establishing the relationship between the characteristics (QCB installed programs)]. *Rospatent*, No. 2012616523. (In Russian)
27. Alekhina N.D., Balnokin Yu.V., Gavrilenko V.F. et al. 2005. *Fiziologiya rasteniy: Uchebnik dlya stud. vuzov* [Plant Physiology: A Textbook for students universities]. Ed. I.P. Ermakova. Moscow, *Izdatel'skiy tsentr “Akademiya”*: 640 p. (In Russian)