

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ОЗЕР ПОЙМЫ РЕКИ УРАЛ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

На современном этапе, в связи с глобально возрастающим антропогенным эвтрофированием пресноводных водоемов, важное значение играет мониторинг трофности, необходимый как для общей оценки экологического состояния водоема, так и для решения вопроса о принятии своевременных природоохранных мер. Уровень трофии определяется на основе различных критериев. Каждый из критериев, с определенной степенью вероятности, показывает реальную картину, однако комплексное использование их увеличивает достоверность полученных результатов. Поэтому уровень трофии 9 пойменных озер реки Урал был установлен с помощью комплекса различных методов.

Прозрачность озер составляла от 30 до 350 см, содержание NO_3^- от 0,0 до 4,5 мг/л, ионов фосфора от 0,0 до 0,28 мг/л, интенсивность продукционных процессов по озерам колебалась от 0,22 мг O_2 /л·сутки до 21,53 мг O_2 /л·сутки, биомасса достигала 15,7 мг/л. Общее видовое богатство – 328 таксонов рангом ниже рода, по озерам от 179 до 220, рассчитанный индекс степени трофности (ИСТ) показал для ряда озер значения менее 3,0 – водоемы мезотрофные, либо более 4,1 – водоемы эвтрофные.

Комплексный подход к оценке экологического состояния исследуемых водоемов позволил отнести озера Дальнее Песчаное, Линево, Музыкантское, Рудничное и Кресты к мезотрофным; озера Большое Песчаное, Беленовское, Бородок, Лебяжье – к эвтрофным водоемам.

Ключевые слова: трофность, эвтрофирование, способы определения уровня трофности.

На современном этапе, в связи с глобально возрастающим антропогенным эвтрофированием пресноводных водоемов, важное значение играет мониторинг трофности, необходимый как для общей оценки экологического состояния водоема, так и для решения вопроса о принятии своевременных природоохранных мер [8], [9], [13].

Отнесение вод к конкретному трофическому типу выполняется на базе различных показателей функционирования гидробиоценоза: химических, физических, биохимических, биологических и т. д. [4], [6]. Каждый из критериев, с определенной степенью вероятности, показывает реальную картину, однако комплексное использование их увеличивает достоверность полученных результатов. Таким образом, цель данной работы – оценить экологическое состояние некоторых старичных озер реки Урал с помощью нескольких критериев.

Материалом для исследования послужили пробы, собранные в 9 водоемах поймы р. Урал (Оренбургский, Саракташский, Беляевский районы Оренбургской области). Водоемы находятся под наблюдением с 1982 г.

Для оценки эвтрофирования из физических показателей применяется метод определения прозрачности воды [7], [14]. Прозрачность, уста-

новленная по диску Секки, в озерах Большое Песчаное, Беленовское, Лебяжье, Бородок находилась в пределах 30–60 см и редко достигала 75–100 см; в озерах Рудничное, Линево, Кресты, Музыкантское, Дальнее Песчаное – обычно превышала 100 см и иногда достигала 350 см. Такие данные прозрачности воды позволяют первую группу водоемов классифицировать как мезотрофные с признаками эвтрофирования, вторую – как мезотрофные.

Из категории химических показателей в качестве критерия обычно используют содержание в воде биогенных веществ [12], [16]. Наибольшее количество биогенов в исследуемых водоемах отмечалось в период половодья, что связано как со смывом их талыми водами с поверхности водосбора, так и вымыванием из придонных слоев течением воды. Например, в этот период содержание NH_4^+ может достигать – 0,71 мг/л, NO_3^- – 1,5 мг/л, NO_2^- – 0,07 мг/л, ионов фосфора – 0,26 мг/л, что соответствует политрофному уровню. Однако, в целом, количество биогенов в воде незначительно. Так концентрация NH_4^+ в летне-осенний период не поднималась выше 0,139 мг/л, количество NO_3^- и NO_2^- соответствовали мезотрофному (иногда даже олиготрофному) уровню. Очень редко, при попадании в водоем сточных вод животновод-

ческих ферм (например, 20 сентября 1983 г. на озере Бородок), содержание NO_3^- доходило до 4,5 мг/л, NO_2^- – до 0,8 и NH_4^+ – до 0,4 мг/л, что соответствует уровню гипертрофии. 29 сентября 2004 г. в озере Беленовское было зафиксировано NO_3^- в количестве 2,2 мг/л (политрофия). Ионы фосфора в большом количестве (0,28 мг/л) были обнаружены лишь однажды в июле 1985 г. в озере Рудничное (гипертрофия).

Данные по первичной продукции водоемов относят к биохимическим показателям. Градиент интенсивности продукционных процессов по озерам находился в пределах 0,22 мг O_2 /л•сутки – 21,53 мг O_2 /л•сутки (табл. 1). Рассчитанные за все годы исследований средние значения валовой первичной продукции позволяют классифицировать озера Большое Песчаное, Беленовское, Лебяжье, Бородок как эвтрофные (средние значения интенсивности фотосинтеза выше 3,0 мг O_2 /л•сутки); Рудничное, Линево, Кресты, Музыкантское, Дальнее Песчаное как мезотрофные (средние значения интенсивности фотосинтеза не превышают 2,0 мг O_2 /л•сутки).

Видовой состав, соотношение групп водорослей, среднесезонные значения биомассы, характер сезонной динамики альгофлоры относятся к биологическим показателям уровня трофии [2], [5], [11], [14]. Анализ видového со-

става и соотношения групп водорослей (табл. 2) показал, что Cyanoprokaryota наиболее разнообразны в озере Беленовское – 43 таксона рангом ниже рода (55,8% от общего числа списка цианопрокариот исследуемых озер). В этом же озере обнаружено максимальное разнообразие Chlorophyta – 220 видов, разновидностей и форм водорослей (67,1%). Наибольшее разнообразие Chlorophyta (в частности – хлорококковых) и цианей, а также наибольшее их обилие характерно для эвтрофных водоемов [7], [8], [9]. В озере Кресты одновременно наблюдалось как наибольшее видовое разнообразие Chrysophyta, что характерно для чистых водоемов, так и Euglenophyta, что свидетельствует о процессах эвтрофирования.

Градиент средних значений биомассы водорослей за все годы исследований составлял 1,7 мг/л – 6,1 мг/л, что соответствует мезотрофному и эвтрофному уровням (табл. 1) [2], [5]. Тем не менее в отдельные сезоны каждый из водоемов можно было оценить от олиготрофного до эвтрофного. Например, весенние среднесезонные значения биомассы альгофлоры озера Рудничное в разные годы характеризовали его как олиготрофный (0,2 мг/л), мезотрофный (2,1 мг/л), либо эвтрофный (4,9 мг/л) водоем. Максимальный размах среднесезонных значе-

Таблица 1 – Продукционные показатели развития альгофлоры в весенне-осенний периоды (данные по первичной продукции: в числителе – пределы колебаний, в знаменателе – среднее значение, мг O_2 /л•сутки)

Озера	Интенсивность фотосинтеза мг O_2 /л•сутки	Пределы колебаний среднесезонных значений биомассы, (мг/л)			Средние за все годы исследования значения биомассы, (мг/л)
		Весна	Лето	Осень	
Кресты	$\frac{0,87-7,31}{1,54 \pm 0,45}$	0,11-5,41	1,41-3,41	0,81-22,02	3,8±1,1
Музыкантское	$\frac{0,72-6,96}{1,49 \pm 0,39}$	0,01-5,31	1,32-4,43	0,82-1,93	2,3±0,6
Линево	$\frac{0,64-4,23}{1,24 \pm 0,31}$	0,01-5,32	1,12-1,71	0,41-1,82	1,7±0,4
Дальнее Песчаное	$\frac{0,54-4,82}{1,36 \pm 0,38}$	0,01-5,31	1,32-2,73	0,22-2,11	1,7±0,3
Рудничное	$\frac{0,24-6,75}{1,29 \pm 0,39}$	0,22-4,91	1,52-13,01	0,31-1,12	2,8±0,7
Беленовское	$\frac{0,62-18,9}{4,27 \pm 0,75}$	0,12-4,41	1,02-12,83	0,41-6,53	4,9±1,1
Большое Песчаное	$\frac{0,44-14,34}{3,95 \pm 0,84}$	0,11-7,31	1,63-15,71	0,92-7,81	4,6±1,2
Бородок	$\frac{0,87-20,25}{4,13 \pm 1,11}$	1,21-7,63	4,02-10,61	2,51-12,33	6,1±1,3
Лебяжье	$\frac{0,22-21,53}{4,31 \pm 0,99}$	0,01-5,31	2,52-11,61	1,01-3,42	4,7±1,2

Таблица 2 – Состав альгофлоры пойменных водоемов (количество таксонов рангом ниже рода)

отделы озера	Суанопро- карыота	Dinophyta	Струтофита	Chrysophyta	Xanthophyta	Bacillariophyta	Euglenophyta	Chlorophyta
Кресты	39	12	4	22	12	30	71	214
Музыкантское	39	11	3	20	12	30	57	199
Линево	30	10	4	17	13	31	61	179
Дальнее Песчаное	27	14	3	15	8	30	50	186
Рудничное	32	12	4	12	15	28	59	211
Беленовское	43	7	4	12	13	25	62	220
Большое Песчаное	32	7	3	10	10	20	68	212
Бородок	34	8	4	9	9	29	61	189
Лебяжье	30	12	3	11	12	30	55	193
Всего	77	21	4	28	18	52	11	328

ний биомассы в весенне-летний период характерен для озера Большое Песчаное, в осенний период – для озера Кресты (табл. 1). Наиболее стабильно по показателю «среднесезонные значения биомассы» к категории эвтрофных водоемов относилось только озеро Бородок.

В целом, сезонная динамика численности и биомассы альгофлоры исследуемых водоемов носила многопиковый характер, соответствующий мезотрофному уровню. Как правило, весенние пики формировали Bacillariophyta, Chlorophyta, Chrysophyta. Летние пики были образованы Euglenophyta, Dinophyta, Chlorophyta, и Суанопрокарыота. Осенью развивались представители Dinophyta, Chlorophyta, Суанопрокарыота, Bacillariophyta и Chrysophyta.

В итоге можно констатировать, что применение каждого показателя уровня трофности в отдельности может лишь с определенной степенью вероятности отразить реальную картину [15]. Совместное использование их увеличивает достоверность полученных результатов. По этой причине для трофической типизации водоемов применяют комплексные индексы [10]. Одним из них является индекс степени трофности (ИСТ), разработанный для пресных непроточных водоемов [1], [3]. С помощью ИСТ можно не только разграничить эвтрофный и мезотрофный уровень, но и распознать переходы от мезотрофного состояния к эвтрофному, особенно на слабоэвтрофной стадии. ИСТ учитывает абиотические и биотические параметры и рассчитывается согласно уравнению:

$$Y = 3,53 + 0,44 \times X_1 - 0,23 \times X_2 + 0,002 \times X_3 - 0,005 \times X_4 + 0,02 \times X_5 - 1,16 \times X_6,$$

где: Y – ИСТ (индекс степени трофности);

X_1 – ln численности водорослей (кл./мл) отдела Chlorophyta (все виды родов Coelastrum Näg., Crucigenia Morr., Scenedesmus Meyen, Tetraedron Kütz. ex Korsch.);

X_2 – ln численности водорослей (кл./мл) отдела Euglenophyta (все виды рода Trachelomonas Ehr.);

X_3 – ln численности водорослей (кл./мл) отдела Суанопрокарыота (все виды родов Anabaena Bory, Aphanizomenon Morr.);

X_4 – среднедекадная температура воздуха, °C;

X_5 – количество осадков за декаду, мм;

X_6 – прозрачность, баллы (к 1 баллу приравнивается 50 см прозрачности воды, определенной по диску Секки).

Полученные цифровые значения Y сопоставляют со следующими параметрами: если $Y \leq 3,0$ – водоем мезотрофный, $3,1 \leq Y \leq 4,0$ – переходное состояние, $4,1 \leq Y$ – водоем эвтрофный [1], [3].

В итоге, комплексное использование всех вышеперечисленных подходов к оценке экологического состояния исследуемых водоемов позволило классифицировать озера Дальнее Песчаное, Линево, Музыкантское, Рудничное и Кресты как мезотрофные; озера Большое Песчаное, Беленовское, Бородок, Лебяжье – как эвтрофные.

29.09.2017

Работа выполнена по Программе УрОРАН: «Живая природа: современное состояние и проблемы развития» Грант № 15-12-4-14 «Разнообразие природных сообществ микроорганизмов разнотипных водоемов с различным уровнем минерализации»

Список литературы:

1. Бухарин О.В., Яценко-Степанова Т.Н., Немцева Н.В. Новый метод оценки трофического статуса лентических водоемов // Известия Самарского научного центра РАН, -2008. -Т. 10. - №5/1 (25).- С.228-232.
2. Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. - 2007.- 395 с.
3. Немцева Н.В., Яценко-Степанова Т.Н., Бухарин О.В. Определение уровня трофии водоемов озерного типа // ЖМЭИ. - 2008. - № 4. – С. 101-103.
4. Никаноров А.М. Научные основы мониторинга качества вод. - СПб.: Гидрометеиздат. - 2005. - 576 с.
5. Трифонова И.С., Беляков В.П., Афанасьева А.Л. и др. Состояние биоценозов озерно-речной системы Вуоксы. СПб.: ВВМ, - 2004. -148 с.
6. Яценко-Степанова Т.Н., Немцева Н.В., Игнатенко М.Е. Основные подходы к определению трофности природных водоемов // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН (электронный журнал: <http://www.elmag.uran.ru>). 2014. - №1. - С. 1-7.
7. Indicators and methods for the ecological status assessment under the Water Framework Directive. European Communités, - 2006. - 225 p.
8. OECD. Eutrophication of waters: Monitoring, assessment and control. P.- 1982. - 155 p.
9. OSPAR Commission Second Integrated Report on the Eutrophication Status of the OSPAR -Maritime Area.- 2008.- 108 p.
10. Rask M., Vuori K.-M., Hämäläinen H. et al. Ecological classification of large lakes in Finland: comparison of classification approaches using multiple quality elements //Hydrobiologia. - 2011.-№1 - P. 37-47.
11. Reynolds C.S., Huszar V., Kruk C. et al. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton //Journal of Plankton Research. - 2002. - №5:- P. 417-428.
12. Shilla D.A., Asaeda T., Kalibbala M. Phosphorus speciation in Myall Lake sediment, NSW, Australia. // Wetlands Ecol Manage.- 2009.-№17:- P. 85–91.
13. Spellerberg I.F. Monitoring ecological change. Cambridge: Cambridge University press. - 1991. - 334 p.
14. Strobl R.O., Forte F., Pennetta L. Application of artificial neural networks for classifying lake eutrophication status. //Lakes & Reservoirs: Research & Management. - 2007. - №1:- P. 15–25.
15. Tuvikene L., Nõges T., Nõges P. Why do phytoplankton species composition and “traditional” water quality parameters indicate different ecological status of a large shallow lake? // Hydrobiologia.- 2011.- №1 – P. 3-15.
16. Xina L., Hong-Ying H., Keb G., Ying-Xuea S. Effects of different nitrogen and phosphorus concentrations on the growth, nutrient uptake, and lipid accumulation of a freshwater microalga *Scenedesmus* sp. //Bioresource Technology.- 2010. - №14 -P. 5494-5500.

Сведения об авторе:

Яценко-Степанова Татьяна Николаевна, ведущий научный сотрудник Института клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН, доктор биологических наук, доцент
460000 г. Оренбург, ул. Пионерская, 11, тел/факс (3532) 77-54-17, e-mail: yacenkostn@gmail.com