

СТАТЬИ

УДК 504.455:504.062:574.64

# ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА ООПТ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Козлов А.В., Вершинина И.В.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина», Нижний Новгород, e-mail: a.v.kozlov\_ecology@mail.ru

В работе описаны результаты изучения экологического состояния воды из Юрасовского озера, которое имеет статус ООПТ регионального значения и расположено в условиях городской территории г. Бора в Нижегородской области. Данный охраняемый водный объект массово используется в рекреационных целях, в связи с чем состояние его гидрохимических и экотоксикологических свойств, а также уровень биохимической активности в воде подлежат изучению. В ходе проведения экологической оценки состояния Юрасовского озера было установлено, что его воды характеризовались слабощелочной реакцией (8,44 ед. pH) и повышенным содержанием растворенных солей (579 мг/л), среди которых встречались гидрокарбонаты (193 мг/л), сульфаты (45,3 мг/л), хлориды (45,4 мг/л), полифосфаты (1,36 мг/л), а также аммонийная (0,75 мг/л) и нитратная (4,09 мг/л) формы азота. Превышений допустимых концентраций по катионно-анионному составу выявлено не было, однако общий уровень содержания его компонентов достигал 0,3–0,7 ПДК в зависимости от вещества. В водах озера были обнаружены некоторые экотоксиканты, концентрация по которым достигала 1,3–1,4 ПДК по цинку, кадмию и железу, 1,6–1,7 ПДК – по нефтепродуктам и свинцу. По перманганатной окисляемости и величине биологического потребления кислорода биохимическое состояние Юрасовского озера было неудовлетворительным, показатели достигали 7,4 ПДК по ПО и 2,8 ПДК по БПК<sub>5</sub>. При этом общая самоочищающая способность озера может быть компенсирована высоким уровнем концентрации растворенного кислорода, составлявшей 22–23 мг/л. С учетом активного рекреационного использования водоема для снижения данной антропогенной нагрузки на водоем актуально использование реабилитационных и поддерживающих мероприятий по сохранению его оптимального экологического состояния.

**Ключевые слова:** природный водоем, экологическое состояние воды, охраняемый водный объект, катионно-анионный состав, экотоксикологические свойства, биохимическое состояние водного объекта

## ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF THE STATE OF SPECIALLY PROTECTED WATER BODY UNDER ANTHROPOGENIC EXPOSURE CONDITIONS

Kozlov A.V., Vershinina I.V.

Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod,  
e-mail: a.v.kozlov\_ecology@mail.ru

The work describes results of studying ecological state of water from Lake Yurasovsky, which has status of protected areas of regional importance and is located in urban territory of the Bor city in the Nizhny Novgorod region. This protected water object is massively used for recreational purposes, and therefore state of its hydrochemical and ecotoxicological properties, as well as level of biochemical activity in water, are subject to study. During an environmental assessment of state of the Yurasovsky lake, it was found that its waters were characterized by a slightly alkaline reaction (8.44 pH units) and an increased content of dissolved salts (579 mg/l), among which were hydrogen carbonates (193 mg/l), sulfates (45.3 mg/l), chlorides (45.4 mg/l), polyphosphates (1.36 mg/l), and ammonium (0.75 mg/l) and nitrate (4.09 mg/l) forms of nitrogen. There were no exceedances of permissible concentrations in the cationic-anionic composition, however, total level of its components reached 0.3–0.7 of TLV depending on the substance. In waters of lake, some ecotoxicants were found, concentration of which reached 1.3–1.4 of TLV in zinc, cadmium and iron, 1.6–1.7 of TLV in petroleum products and lead. In terms of permanganate oxidability and the value of biological oxygen consumption, biochemical state of the Yurasovsky lake was unsatisfactory, indicators reached up to 7.4 TLV in terms of software and up to 2.8 TLV in terms of BOC<sub>5</sub>. At the same time, total self-cleaning capacity of lake can be compensated by a high level of dissolved oxygen concentration of 22–23 mg/l. Taking into account active recreational use of reservoir to reduce this anthropogenic load on the reservoir, it is relevant to use rehabilitation and supporting measures to preserve its optimal ecological state.

**Keywords:** natural water body, ecological state of water, protected water body, cationic-anionic composition, ecotoxicological properties, biochemical state of water body

Территория большинства городских поселений представляет собой сложный экологический каркас, включающий природные и антропогенные объекты в виде различных строений, промышленных агломераций, транспортных сетей, водоемов и водотоков, зеленых насаждений, рекреационных зон и т.д. В комплексе функционирование данных объектов призвано обеспечить полноценное проживание населения

и экологически стабильное состояние городской среды [1–3].

Водные объекты являются одними из главных средообразующих факторов городской территории, поскольку формируют местный экотоп, определяют его экологический статус и выполняют комплексную ландшафтно-рекреационную функцию. Изучение экологического состояния данных объектов становится еще более актуальным

в условиях их интенсивного использования со стороны населения, наличия сильного антропогенного воздействия со стороны ряда объектов техногенеза, а также при наличии статуса охраны. К таковым природным объектам относятся водоемы и прилегающий ПТК, которые имеют градацию особо охраняемой территории и при этом находятся в условиях городских и иных застроек. Зачастую данные озера испытывают существенное негативное воздействие, носящее хронический характер [4, 5]. В условиях нерациональной эксплуатации, нарушений в части соблюдения экологических требований содержания, а также при отсутствии мер по благоустройству общее состояние охраняемых водоемов нарушается, что, в свою очередь, может приводить к более серьезным неблагоприятным последствиям для местного ландшафта, а также способствует утрате естественного экологического облика природных объектов, изначально определенных со статусом охраны [6–8].

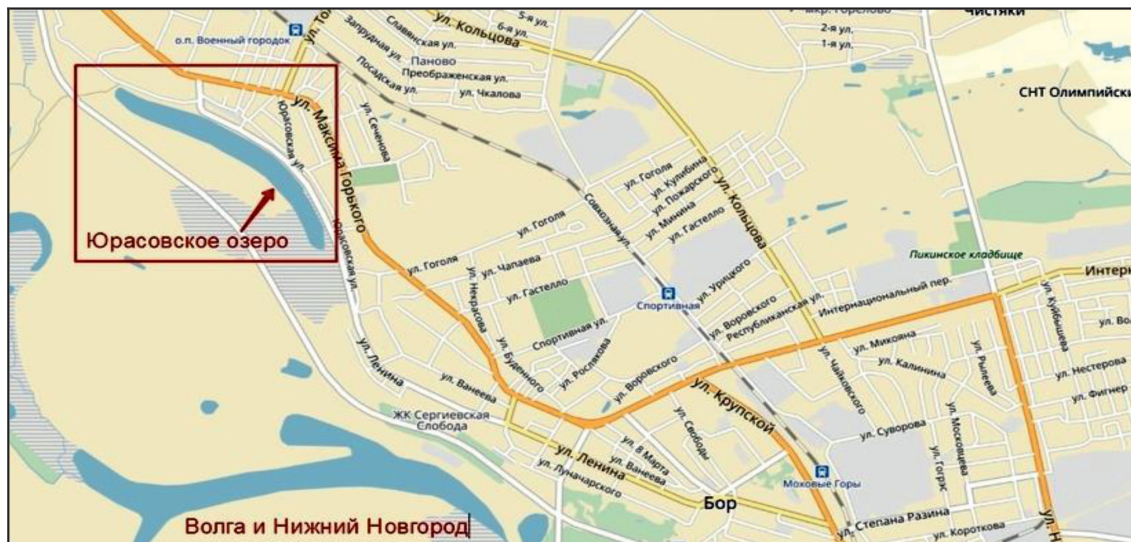
В связи с этим при проведении экологического мониторинга необходимо уделять комплексное внимание компонентам окружающей среды с приоритетом отслеживания состояния объектов, имеющих охранный статус. Решение данных вопросов имеет существенную актуальность

ООПТ, находящегося в условиях хронического антропогенного воздействия.

### Материалы и методы исследования

Озеро Юрасовское располагается в г. Бор Нижегородской области. ООПТ представляет собой охраняемый природный комплекс регионального значения, организованный Постановлением Правительства Нижегородской области № 572 от 07.08.2009. Общая площадь ООПТ = 15,6 га, основное назначение носит рекреационный характер с сохранением местного природного каркаса. Вследствие интенсивного рекреационного использования территория озера зачастую захламлена и плохо благоустроена, а его воды испытывают постоянный антропогенный пресс в виде стоков ливневых вод, исходящих со стороны прилегающих автотрасс и промышленных предприятий.

Для проведения оценки экологического состояния водоема пробы воды отбирали в сентябре 2021 г. из четырех точек, расположенных в равном удалении друг от друга по периметру озера. Отбор осуществляли однократно по правилам, прописанным в ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб» в пластиковую тару при помощи батометра гидрологического БГ-1,0. Расположение озера показано на рисунке.



*Расположение Юрасовского озера в городе Бор Нижегородской области*

как для региональных экологических исследований, так и в аспекте охраны объектов ООПТ [9, 10].

Цель исследований – проведение экологической оценки состояния вод из озера Юрасовское Нижегородской области как объекта

Дальнейшие исследования образцов воды проводили на базе эколого-аналитической лаборатории мониторинга и защиты окружающей среды НГПУ им. К. Минина в течение двух недель после отбора проб. В пробах определяли кислотность потен-

циометрическим методом, общую минерализацию – кондуктометрией, содержание аммонийного и нитратного азота – ионселективной ионометрией, содержание гидрокарбонатов, хлоридов, сульфатов – титриметрией, содержание общего железа и соединений фосфора – спектрофотометрией; содержание нефтепродуктов – флуориметрией, содержание тяжелых металлов – инверсионной вольтамперометрией, показатели биохимического состояния – общепринятыми стандартизированными методами [11]. Повторность в исследованиях – трехкратная, при статистической обработке полученных данных использовали метод вариационного анализа.

### Результаты исследования и их обсуждение

Данные табл. 1 отражают уровень некоторых показателей катионно-анионного состава воды из озера Юрасовское. Было установлено, что в целом воды водоема характеризовались слабощелочной реакцией ( $\text{pH}_{\text{ср.ед.}} = 8,44$  ед. рН), повышенным уровнем общей минерализации (579 мг/л) и средней жесткостью (5,5 мг-экв./л). Вариабельность данных свойств по точкам отбора была относительно невысокой, что в целом свидетельствует об однородности уровня кислотности воды и ее общей насыщенности растворенными солями.

Среди солей, определяющих минеральный состав вод, были обнаружены гидрокарбонаты (от 147 до 226 мг/л), сульфаты (от 19,7 до 104,8 мг/л) и хлориды (от 19,5 до 83,6 мг/л). В отличие от среднего

варьирования концентрации  $\text{HCO}_3^-$ -ионов (17%), вариабельность содержания сульфат- и хлорид-аниона по точкам отбора проб оказалась весьма существенной и достигала соответственно 89% и 60%. Подобного рода неоднородность в распределении веществ в пределах водоема может быть обусловлена его химическим загрязнением от сброса сточных вод [9, 12, 13]. Уровень накопления гидрокарбонатов в водах Юрасовского озера достигал 0,3–0,5 ПДК, по хлоридам и сульфатам значительных долей от допустимых концентраций не наблюдалось.

Содержание в водах озера биогенных элементов в целом также оказалось ниже ПДК, однако если по аммонийной и нитратной формам азота варьирование их концентраций в пределах водоема не было существенным (V до 5–15%), то по полифосфатам оно составляло 74%. Кроме того, концентрация фосфорсодержащих веществ в водах достигала 0,6–0,7 ПДК, что не является признаком местных природных водных объектов пресной категории. По-видимому, водоем испытывал определенное антропогенное воздействие, которое могло сопровождаться сбросами сточных вод, содержащих фосфаты.

В табл. 2 показано содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов в образцах воды из озера Юрасовское. Было выявлено, что в водах присутствовали такие металлы, как цинк, кадмий, свинец, медь и железо. В частности, наибольшая вариабельность отмечалась по содержанию цинка (до 110%) и меди (до 75%). При этом уровень концентрации меди оказался много ниже ПДК, а по цинку он варьировал в пределах 0,1–1,4 ПДК.

Таблица 1

Катионно-анионный состав воды из озера Юрасовское Нижегородской области

Показатель	Значения по точкам отбора				$M \pm m$	V, %	ПДК
	I	II	III	IV			
Кислотность (рН), ед. рН	8,48	8,84	8,82	7,61	$8,44 \pm 0,29$	7	6,5–8,5
Минерализация, мг/л	585	578	581	572	$579 \pm 3$	1	1000
Жесткость, мг-экв./л	5,7	4,3	5,1	6,9	$5,5 \pm 0,6$	20	7,0
$\text{HCO}_3^-$ , мг/л	208	147	192	226	$193 \pm 17$	17	500
$\text{NH}_4^+$ , мг/л	0,91	0,72	0,64	0,74	$0,75 \pm 0,06$	15	1,9
$\text{NO}_3^-$ , мг/л	4,38	4,00	3,89	4,09	$4,09 \pm 0,10$	5	45
$\text{PO}_4^{3-}$ , мг/л	2,42	0,73	1,96	0,31	$1,36 \pm 0,50$	74	3,5
$\text{SO}_4^{2-}$ , мг/л	20,2	104,8	36,6	19,7	$45,3 \pm 20,2$	89	500
$\text{Cl}^-$ , мг/л	40,4	83,6	38,2	19,5	$45,4 \pm 13,6$	60	350

Примечание.  $M \pm m$  (здесь и далее) – среднее арифметическое  $\pm$  ошибка среднего значения; V, % – коэффициент вариации; ПДК (здесь и далее) – согласно ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования», ГН 2.1.5.2280-07 Дополнения и изменения № 1 к ГН 2.1.5.1315-03, ГН 2.1.5.2307-07 «Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».



Таблица 2

Содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов в воде  
из озера Юрасовское Нижегородской области

Показатель	Значения по точкам отбора				M ± m	V, %	ПДК
	I	II	III	IV			
Цинк (Zn)	0,8326	0,0548	1,3491	0,0622	0,5747 ± 0,3161	110	1,0
Кадмий (Cd)	0,0009	0,0004	0,0014	0,0013	0,0010 ± 0,0002	45	0,001
Свинец (Pb)	0,0083	0,0169	0,0157	0,0076	0,0121 ± 0,0024	40	0,01
Медь (Cu)	0,0093	0,0822	0,0948	0,0311	0,0544 ± 0,0204	75	1,0
Железо (Fe)	0,31	0,21	0,39	0,17	0,27 ± 0,05	37	0,3
Нефтепродукты, мг/л	0,398	0,246	0,480	0,092	0,304 ± 0,09	56	0,3

Таблица 3

Биохимическое состояние воды из озера Юрасовское Нижегородской области

Показатель	Значения по точкам отбора				M ± m	V, %	ПДК
	I	II	III	IV			
Растворенный кислород, мг/л	23,8	23,5	23,2	22,3	23,2 ± 0,3	3	>4
Перманганатная окисляемость, мг/л	13,8	15,4	16,3	37,1	20,7 ± 5,5	53	5,0
БПК <sub>7</sub> , мг/л	6,72	8,32	8,00	4,96	7,00 ± 0,76	22	3,0

Содержание кадмия и свинца в водах также характеризовалось значительной вариабельностью (V соответственно 45 % и 40 %) и заметным превышением допустимых концентраций (от 0,4 до 1,4 ПДК по Cd; от 0,8 до 1,7 ПДК по Pb). Концентрация железа приобретала примерно аналогичные тенденции по точкам отбора проб воды и варьировала от 0,6 до 1,3 ПДК. Нужно отметить, что если железо по водам Заволжья в пределах Нижегородской области может являться элементом, формирующим естественный геохимический фон природных водоемов и его превышение допустимых концентраций не является аномальным явлением, то присутствие в водах кадмия и свинца, которое к тому же превышало уровень ПДК, явно свидетельствует о наличии антропогенного воздействия на водоем. Факт техногенеза также подтверждается и уровнем содержания нефтепродуктов в водах, вариабельность которого достигала 56 %, а концентрация самих веществ – 0,3–1,6 ПДК.

Результаты определения биохимических показателей воды из Юрасовского озера показаны в табл. 3. Было установлено, что по данным свойствам воды водоема характеризовались неудовлетворительным состоянием. В частности, уровень перманганатной окисляемости вод оказался много выше допустимой концентрации – в зависимости от точки отбора пробы он достигал 2,8–7,4 ПДК. Примерно аналогичным образом варьировало биологическое потребление кислорода – от 1,7 до 2,8 ПДК.

Данные характеристики свидетельствовали о явном загрязнении водоема органическими веществами и его низкой самоочищающей способности – водный объект квалифицировался как «грязный». Однако, уровень содержания растворенного кислорода в водах был достаточно высок (в среднем 23,2 мг/л), что, по-видимому, было связано с холодным временем года на момент отбора проб. Данный факт несколько сглаживает неудовлетворительное экологическое состояние рассматриваемого водного объекта, поскольку его естественная биологическая активность в части разложения органических загрязнителей может быть обеспечена активным развитием микроскопических гидробионтов за счет приемлемого содержания растворенного кислорода и, как следствие, более полноценной самоочисткой вследствие их жизнедеятельности [5, 6, 8].

### Заключение

В ходе проведения экологической оценки состояния Юрасовского озера как объекта ООПТ, находящегося на городской территории, было установлено, что его воды характеризовались слабощелочной реакцией (8,44 ед. pH) и повышенным содержанием растворенных солей (579 мг/л), среди которых встречались гидрокарбонаты (193 мг/л), сульфаты (45,3 мг/л), хлориды (45,4 мг/л), полифосфаты (1,36 мг/л), а также аммонийная (0,75 мг/л) и нитратная (4,09 мг/л) формы азота. Превышений допустимых концентраций по катионно-анионному со-

ставу выявлено не было, однако общий уровень содержания его компонентов достигал 0,3–0,7 от ПДК в зависимости от вещества. В водах озера были обнаружены некоторые экотоксиканты, концентрация по которым достигала 1,3–1,4 от ПДК по цинку, кадмию и железу, 1,6–1,7 от ПДК – по нефтепродуктам и свинцу. По перманганатной окисляемости и величине биологического потребления кислорода биохимическое состояние Юрасовского озера было неудовлетворительным, показатели достигали до 7,4 ПДК по ПО и до 2,8 ПДК по БПК<sub>5</sub>. При этом общая самоочищающая способность озера может быть компенсирована высоким уровнем концентрации растворенного кислорода, составлявшей 22–23 мг/л. С учетом активного рекреационного использования водоема для снижения данной антропогенной нагрузки на водоем актуально использование реабилитационных и поддерживающих мероприятий по сохранению его оптимального экологического состояния.

#### Список литературы

1. Горюнова С.И. Влияние антропогенного воздействия на экологическое состояние малой городской реки // Вестник Московского университета. Серия 3 «Естественные науки». 2010. № 2. С. 57–64.
2. Козырева О.А. Педагогическое моделирование в профессиональной деятельности учителя и научно-педагогического работника // Вестник Мининского университета. 2020. Т. 8. № 2 (31). DOI: 10.26795/2307-1281-2020-8-2-1.
3. Маркелова С.А., Тихонова И.О. Значимость экосистемных услуг в устойчивом развитии мегаполисов на примере водных объектов // Успехи в химии и в химической технологии. 2017. Т. 31. № 9 (190). С. 68–70.
4. Дмитриев В.В., Боброва О.Н., Грачева И.В., Колоскин П.А., Примак Е.А., Седова С.А., Четверова А.А. Мониторинг и моделирование продукционно-деструкционных отношений в водных экосистемах // Успехи современного естествознания. 2019. № 1. С. 82–87.
5. Жукова Н.В., Берест Е.В., Начаркина О.В. Оценка экологического состояния поверхностных вод городского округа Саранск // Успехи современного естествознания. 2018. № 10. С. 7–11.
6. Золкин А.Г., Климова В.О., Мартынова Н.А., Моро П.Н. Критерии эффективности реабилитации реки Яузы в городском округе Мытищи // Проблемы региональной экологии. 2019. № 6. С. 134–139.
7. Козырева О.А. Теоретизация и моделирование педагогических условий в профессиональной деятельности научно-педагогического работника // Вестник Мининского университета. 2021. Т. 9. № 1 (34). С. 3.
8. Шабанов В.А., Шабанова А.В. Управление качеством городской среды: два подхода к реабилитации водных объектов // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 07 (61). Ч. 2. С. 51–57.
9. Власов В.А., Сметанин В.И. Эколого-мелиоративные подходы к восстановлению малых водных объектов в условиях городской застройки // Природообустройство. 2009. № 5. С. 17–24.
10. Козлов А.В., Маркова Д.С., Соколюк С.А., Тоггузов В.И. Экспертиза эколого-гидрохимического состояния памятника природы – озера «Светлояр» Нижегородской области // Успехи современного естествознания. 2019. № 6. С. 74–81.
11. Козлов А.В. Оценка экологического состояния почвенного покрова и водных объектов: учебно-методическое пособие. Н.Новгород: Мининский университет, 2016. 146 с.
12. Габышев В.А., Габышева О.И. К изучению влияния концентрации органических и биогенных веществ на ценоотическую и флористическую структуру сообществ миксотрофных фитофлагеллят крупных субарктических рек Восточной Сибири // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 6. С. 93–97.
13. Усманова Л.И. Характеристика химического состава речных вод на территории и в окрестностях города Читы // Успехи современного естествознания. 2018. № 7. С. 200–208.