

УДК 502.51(285.2)(476.5)

Наталья Д. Грищенко

Белорусский государственный университет, географический факультет, пр. Независимости 4,  
220030 Минск, Республика Беларусь; e-mail: nhrysh@gmail.com

## ОЦЕНКА МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОЗЕР НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА „НАРОЧАНСКИЙ”

Hryszczankawa N. D. **Ocena wieloletniej dynamiki parametrów hydroekologicznych jezior Naroczańskiego Parku Narodowego**. Przedstawiono wyniki oceny podstawowych parametrów hydroekologicznych jezior Naroczańskiego Parku Narodowego. Ocena ta pokazuje cechy stanu ekologicznego jezior na podstawie różnych wskaźników hydrochemicznych, geochemicznych i hydrobiologicznych oraz na podstawie stopnia oddziaływań antropogenicznych. Ukazuje też cechy krajobrazowo-ekologiczne zlewni jezior, jako niezbędne do opracowania regionalnej polityki racjonalnego wykorzystywania zasobów przyrodniczych.

Hryshchankava N. D. **Assessment of long-term dynamics of hydroecological parameters of lakes in National Park “Narochansky”**. Results of an assessment of main hydroecological parameters of lakes in National park “Narochansky” are given. The assessment opens features of ecological status of lakes by hydrochemical, geochemical and hydrobiological indicators and degree of anthropogenic impact on them, as well as landscape-ecological features of watersheds, that is necessary for development of regional policy of rational environmental management.

**Ключевые слова:** геоэкологическая оценка, Национальный парк „Нарочанский”, озеро, водосбор, гидроэкологические параметры, экологическое состояние, антропогенное воздействие

**Słowa kluczowe:** ocena geoekologiczna, Naroczański Park Narodowy, jezioro, zlewnia, parametry hydroekologiczne, stan ekologiczny, wpływ antropogeniczny

**Key words:** geoeological assessment, National Park “Narochansky”, lake, watershed, hydroecological parameters, ecological status, anthropogenic impact

### Аннотация

Приведены результаты оценки основных гидроэкологических параметров озер Национального парка „Нарочанский”. Оценка раскрывает особенности экологического состояния озер по ряду гидрохимических, геохимических и гидробиологических показателей и уровню антропогенного воздействия на них, а также ландшафтно-экологические особенности водосборов озер, что необходимо для разработки региональной политики рационального природопользования.

### ВВЕДЕНИЕ

Озера играют важную роль в жизни общества. Отдельные их компоненты являются ценными природными ресурсами, используемыми в про-

мышленности и сельском хозяйстве, транспорте и рекреации. Озера также несут такие жизненно важные для человека функции, как обеспечение продовольствием, питьевой водой и энергией. Будучи несомненной ценностью, они нуждаются в охране, рациональном использовании и правильном управлении. Однако процесс управления невозможен без предварительной оценки существующего состояния озера и уровня антропогенного воздействия на него.

Важная роль в предотвращении загрязнения, сохранении ландшафтного и биологического разнообразия Беларуси принадлежит особо охраняемым природным территориям (ООПТ). Наиболее репрезентативно в составе ООПТ представлены лесные и водные экосистемы, которым принадлежит ведущая роль в фор-

мировании естественных экологических ядер и коридоров. Поэтому изучение озер в пределах ООПТ приобретает особую актуальность.

Национальный парк (НП) „Нарочанский“ образован в 1999 году, расположен в северо-западном регионе Республики Беларусь, главным образом, на территории Мядельского района Минской области. Водные экосистемы, и в особенности озера, являются особым достоянием и одной из основных составляющих экологического каркаса НП. Учитывая статус ООПТ, в НП действуют серьезные ограничения хозяйственной и других видов деятельности, направленные

на сохранность природных комплексов и водных ресурсов, что отражается на динамике основных гидроэкологических параметров озер.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

На территории НП насчитывается более 50 естественных водоемов, принадлежащих пяти озерным группам. Объектом исследования выбраны разнотипные озера с учетом их природных характеристик, природоохранного статуса и рекреационного потенциала (табл. 1; рис. 1).

Таблица 1. Характеристика объектов исследования (по ВЛАСОВУ и др., 2004)

Tabela 1. Charakterystyka obiektów badań (wg: ВЛАСОВ и др., 2004)

Table 1. Characteristic of research objects (after: ВЛАСОВ и др., 2004)

Озеро	Тип котловины	Площадь, км <sup>2</sup>	Средняя глубина, м	Трофический статус	Проточность
Нарочь	подпрудный	79,6	8,9	мезотрофное	слабопроточное
Мястро	подпрудный	13,1	5,4	эвтрофное	высокопроточное
Свирь	ложбинный	22,3	4,7	эвтрофное	проточное
Белое	остаточный	1,95	2,9	мезотрофное	бессточное
Глубелька	эвразийный	0,09	6,1	эвтрофное	слабопроточное

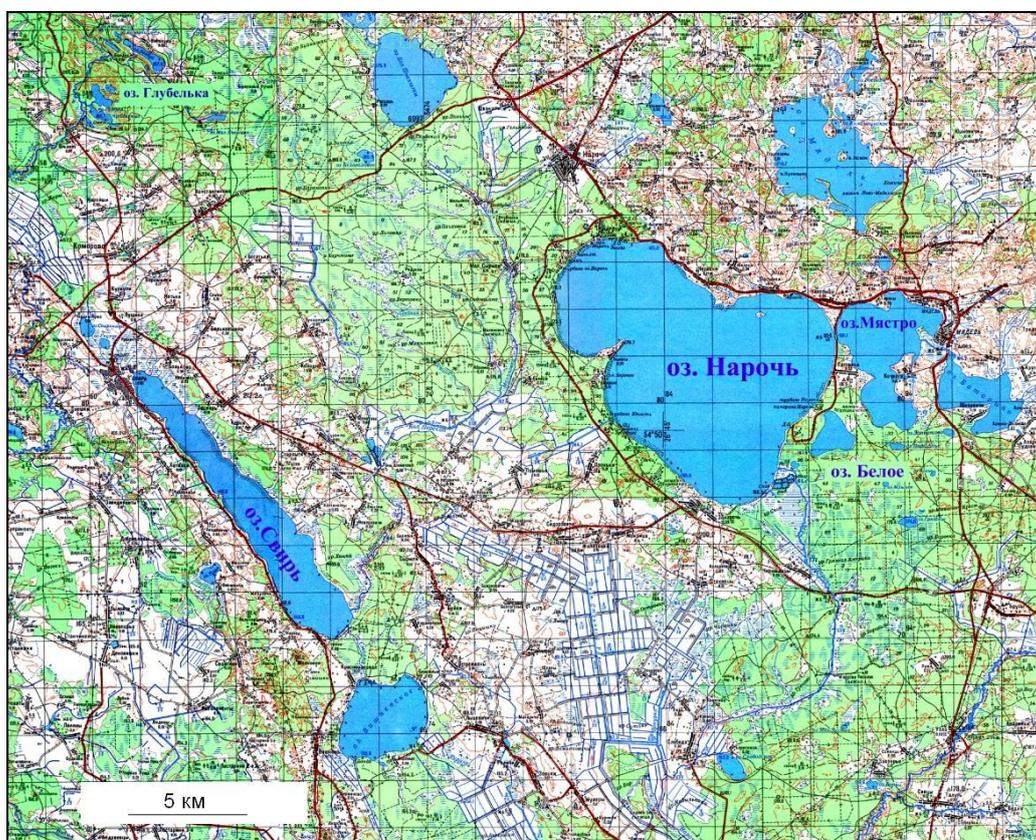


Рис. 1. Размещение объектов исследования

Rys. 1. Lokalizacja obiektów badań

Fig. 1. Placement of research objects

История исследований озер начинается с момента основания в 1946 г. на озере Нарочь биологической станции Белорусского государственного университета (БГУ). Большой вклад в изучение озер региона внесли работы, выполненные в отдельные годы Научно-исследовательской лабораторией озераведения географического факультета БГУ. Эти материалы и послужили основной базой для проведения данного исследования.

Основу исследования составляет комплекс эмпирических и теоретических географических методов изучения озер и их водосборов, в том числе современные натурные, приборные и аналитические методы.

Гидрохимическим методом исследован химический состав воды озер. Отбор проб и анализы физико-химических свойств воды проводили по общепринятым методикам (*Методические указания...*, 1984).

Гидробиологический метод был использован при изучении видового состава и количественного развития гидробионтов – высшей водной растительности – в соответствии с методиками (КАТАНСКАЯ, 1981; АБАКУМОВ, 1983; ВЛАСОВ, ГИГЕВИЧ, ГРИЩЕНКОВА, 2011).

Геохимическим методом изучался вещественный состав донных отложений и макрофитов. Образцы для геохимического анализа донных отложений отбирались из наилка в соответствии с методиками (ЖУХОВИЦКАЯ, КУРЗО, ВЛАСОВ, 1997)

Исследование проводилось в три этапа:

1. Постановочный – с определением цели, задач, объекта, операционных единиц и масштаба исследования;
2. Инвентаризационный – характеризующийся сбором и обработкой информационных литературных, картографических, фондовых и полевых материалов;
3. Аналитический – с построением системной блоковой модели. Этот этап включает оценку экологического состояния озер на основе сопряженного анализа ряда гидрохимических, геохимических и гидробиологических показателей, а также ландшафтно-экологического состояния водосборов и уровня антропогенного воздействия на озера.

Схема геоэкологической оценки озера состоит из двух блоков: оценки экологического состояния системы „водосбор – озеро” и оценки

уровня антропогенного воздействия. Оценка первой подсистемы отражает состояние природной составляющей, включая естественные природные процессы и явления и антропогенно обусловленные нарушения природной среды. Особое внимание здесь уделялось определению физической величины воздействия на компоненты озера и оценке значимости такого воздействия. Как наиболее простой и часто применяемый метод оценки значимости был выбран метод сравнения величины воздействия с существующими нормативами качества окружающей среды.

Выбор показателей оценки дифференцирован в зависимости от изучаемого компонента геосистем (табл. 2). Исследования озера включают: гидрохимическую, геохимическую и гидробиологическую оценку, исследования водосбора – оценку степени антропогенной преобразованности, сохранности природных геосистем и ландшафтного разнообразия водосборной территории.

Для оценки уровня антропогенного воздействия на озера был выбран круг репрезентативных показателей (табл. 2), характеризующих различные аспекты антропогенного воздействия и оказывающих наибольшее влияние на озера. В качестве оперативных единиц оценки выступали водосборные бассейны (кроме рекреационной нагрузки, рассчитываемой на площадь акватории озера).

Для оценки экологического состояния системы „водосбор – озеро” применялся метод сравнения величины воздействия с существующими нормативами качества окружающей среды. Далее частному показателю присваивался балл (В) от 1 до 5 (чем он выше, тем хуже экологическое состояние компонента), согласно попаданию его в определенный класс принятой классификации (табл. 3). Расчет интегральных показателей ( $I_pЭОО$ ,  $I_pЛЭОВ$ ) производился по следующей формуле:

$$I_p = \sum(V_i + \dots V_i) / i, \quad (1)$$

где  $V_1, \dots, V_i$  – значения присвоенных баллов по каждому из показателей;  $i$  – количество показателей.

Таблица 2. Показатели геоэкологической оценки  
 Tabela 2. Wskaźniki oceny geoekologicznej  
 Table 2. Indicators of geoecological assessment

Интегральные показатели	Частные показатели	
Оценка экологического состояния системы „водосбор – озеро”		
I <sub>рЭОО</sub>	1. гидрохимическая оценка 1.1. ИТОВ – индекс степени антропогенной трансформации озерных вод (ПЕТРОВА, ВЛАСОВ, 2008) 1.2. K <sub>c</sub> – коэффициент концентрации (отношение содержания химического соединения в воде к его предельно-допустимой концентрации (ПДК) (ПОРЯДИН, ХОВАНСКИЙ, 1996)	
	2. геохимическая оценка 2.1. Z <sub>c</sub> – индекс содержания тяжелых металлов в донных отложениях (VLASOV, GIGEVICH, 2006) 2.2. I <sub>рm</sub> – индекс содержания тяжелых металлов в водных растениях (VLASOV, GIGEVICH, 2006)	
	3. гидробиологическая оценка 3.1. S – индекс сапробности Пантле-Букка в модификации Сладечека (SLADESEK, 1973) 3.2. MI – мультиметрический индекс для оценки экологического состояния водоемов (СЕМЕНЧЕНКО, РАЗЛУЦКИЙ, 2007), включает расчет следующих показателей: 3.2.1. D <sub>Mg</sub> – индекс видового разнообразия Маргалефа (МЭГАРРАН, 1992) 3.2.2. Коэффициент видового сходства макрофитов в озерах (по Серенсену) (МЭГАРРАН, 1992)	
I <sub>рЛЭОВ</sub>	4. ландшафтно-экологическая оценка водосбора 4.1. ИСПГ – индекс сохранности природных геосистем (КОЧУРОВ, 1999) 4.2. И <sub>ЛР</sub> – индекс ландшафтного разнообразия Менхиника (МЭГАРРАН, 1992) 4.3. И <sub>АП</sub> – индекс антропогенной преобразованности территории (КОЧУРОВ, 1999)	
	Оценка уровня антропогенного воздействия	
	I <sub>рУАВ</sub>	5.1. Коэффициент плотности выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников, т/км <sup>2</sup>
5.2. Удельный объем сброшенных сточных вод в реки и озера, тыс.м <sup>3</sup> /км <sup>2</sup>		
5.3. Удельный объем образованных отходов за год, т/км <sup>2</sup>		
5.4. Удельное поступление минеральных удобрений, кг/га пашни		
5.5. Плотность населения, чел/км <sup>2</sup>		
5.6. Рекреационная нагрузка: количество отдыхающих, чел/сезон/км <sup>2</sup>		

Таблица 3. Перевод фактических значений в нормированные баллы  
 Tabela 3. Zamiana faktycznych wartości na znormalizowane punkty  
 Table 3. Conversion of actual values to normalized scores

Показатель	B = 1	B = 2	B = 3	B = 4	B = 5
ИТОВ	0–20	21–40	41–60	61–80	81–100
K <sub>c</sub>	менее 0,1	0,1–1	1,01–2	2,01–3	более 3
Z <sub>c</sub>	менее 10	10–20	21–30	31–70	71–100
S	менее 1	1–1,5	1,51–3,5	3,51–4	более 4
I <sub>рm</sub>	менее 0,1	0,1–1	1,01–2	2,01–3	более 3
MI	1,005–0,911	0,910–0,683	0,682–0,456	0,455–0,227	менее 0,227
ИСПГ	1,61–2	1,21–1,6	0,81–1,2	0,41–0,8	0–0,4
И <sub>АП</sub>	0,81–1	0,61–0,8	0,41–0,6	0,21–0,4	0–0,2
И <sub>ЛР</sub>	8,1–10	6,1–8	4,1–6	2,1–4	0–2

При оценке суммарных нагрузок приходится оперировать большим количеством разнокачественных показателей. Это вызывает необходимость поиска средств их приведения к единой системе оценки. Поэтому оценка уровня антропогенного воздействия была проведена на основе расчета нормированных баллов согласно формуле:

$$B = 5 \cdot (N_i - N_{\min}) / (N_{\max} - N_{\min}), \quad (2)$$

где  $B$  – значение нормированного балла,  $N_{\max}$ ,  $N_{\min}$  – максимальное и минимальное значение показателя для исследуемых озер,  $N_i$  – значение показателя для определенного озера.

Значения величины  $B$  варьируют от 0 до 5 и чем они выше, тем сильнее антропогенное воздействие на природные комплексы.

Далее вычислялся итоговый показатель уровня антропогенного воздействия ( $I_pУАВ$ ) по формуле (1).

Исходя из полученных значений  $I_pУАВ$ , озера были сгруппированы следующим образом:

- < 1,0 – низкий уровень воздействия;
- 1,0–2,0 – средний уровень воздействия;
- 2,1–3,0 – повышенный уровень воздействия;
- 3,1–4,0 – высокий уровень воздействия;
- > 4,0 – крайне высокий уровень воздействия.

Расчет интегрального показателя геоэкологической оценки озера производился по следующей формуле:

$$I_pГОО = (I_pЭОО + I_pЛЭОВ + I_pУАВ) / 3 \quad (3)$$

Исходя из полученных значений  $I_pГОО$ , озера были сгруппированы следующим образом:

- < 2,0 – благоприятное экологическое состояние;
- 2,0–3,0 – относительно благоприятное экологическое состояние;
- 3,1–4,0 – относительно неблагоприятное экологическое состояние;
- > 4,0 – неблагоприятное экологическое состояние.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### Оценка экологического состояния озер

Наиболее динамические изменения в озерах НП связаны с изменением химического состава воды озер, который формируется за счет качества и объема приточных вод с поверхности водосбора. Основное количество растворенных и взвешенных веществ поступает с водами впадающих ручьев, дренирующих населенные, сельскохозяйственные территории и естественные угодья.

Для озера Нарочь существенным источником загрязнения являются и атмосферные осадки, выпадающие непосредственно на акваторию. Это связано с особенностями водного баланса, где атмосферные осадки составляют свыше половины приходной части. Также следует отметить чрезвычайно малую величину удельного водосбора озера, что значительно снижает влияние на него водосборной территории (ВИНБЕРГ, 1985). Ведущее значение для качества вод озера имело увеличение поступления в него минеральных и органических веществ в результате интенсивного использования бассейна в хозяйственных и рекреационных целях в 1970–1980-е годы, и снижение нагрузки в последние десятилетия.

Водная масса характеризуется равномерным распределением газов (кислорода и углекислого газа) в воде, насыщением в открытой части озера около 100%, в условиях зимнего времени 80–90%. Активная реакция воды (рН) характеризуется небольшой амплитудой колебания (7,4–8,4). Вода озера относится к гидрокарбонатно-кальциевому классу и характеризуется средней минерализацией. Сумма ионов около 200 мг/дм<sup>3</sup>, показатель цветности низкий, даже летом не превышает 8–10°; величина перманганатной окисляемости (4–7 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>), содержание биогенных элементов низкое. Для озера характерны низкие величины биомассы фитопланктона (до 1,5 г/м<sup>3</sup>). Биомасса зоопланктона 3,55 г/м<sup>3</sup>, зообентоса – 5,88 г/м<sup>3</sup>. По основным показателям гидрохимического режима озеро характеризуется как мезотрофный водоем с высоким качеством воды.

В многолетней динамике состава вод и развития гидробионтов с конца 1980-х годов выявились признаки изменения как химического

состава вод (рис. 2), так и перестройки структуры биологических сообществ, о чем свидетельствуют данные многолетних наблюдений.

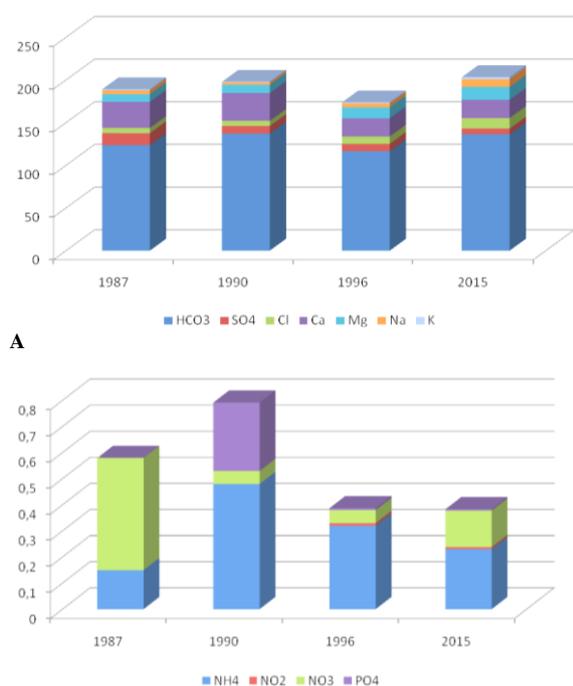


Рис. 2. Многолетняя динамика изменения макрокомпонентов (А) и биогенных элементов (Б) в водной массе озера Нарочь, мг/дм<sup>3</sup>

Rys. 2. Wieloletnia dynamika zmian makroelementów (А) i elementów biogenicznych (Б) w wodzie jez. Narocz, mg/dm<sup>3</sup>

Fig. 3. Long-term change dynamics of macrocomponents (А) and biogenous elements (Б) in water of the lake Naroch, mg/dm<sup>3</sup>

Наблюдаемое в последние годы снижение стока и увеличение периода водообмена способствуют концентрации главных ионов. Снижение содержания биогенных элементов связано, по-видимому, с увеличением времени процессов разложения и предшествующим резким спадом сельскохозяйственной деятельности (прежде всего внесения минеральных удобрений) на водосборе озера в конце 1980-х годов. Концентрация гидрокарбонат-ионов и кальция в воде озера незначительно уменьшилась. Содержание сульфатов, хлоридов, ионов магния, натрия и калия по годам изменяется незначительно и имеет тенденцию увеличения. В результате снижения поступления питательных веществ (в том числе антропогенного происхождения) с водосбора увеличилась глубина прозрачности, термоклина, уменьшились биомасса

фитопланктона и концентрация хлорофилла. В характере и структуре зарастания высшей водной растительностью также произошли изменения. Для тростника обыкновенного (*Phragmites australis*) и камыша озерного (*Schoenoplectus lacustris*), которые определяют основной фон аэрогидрофитов, отмечается уменьшение биомассы по сравнению с предыдущими годами исследований. Для других видов макрофитов из групп плейстогидрофитов и эугидрофитов отмечается нестабильное развитие, что указывает на переходный режим функционирования озера и его деэвтрофирование в последние 15–20 лет.

Следует отметить, что изменения, наблюдаемые в озере, могут быть вызваны как антропогенными (спад сельскохозяйственной деятельности, увеличение количества отдыхающих, предпринятые государством природоохранные мероприятия в бассейне оз. Нарочь), так и природными факторами (инвазия в конце 1980-х годов моллюска-фильтратора (*Dreissena polymorpha* Pallas) и его экспансия, потепление климата), которые порой сложно отделить друг от друга (Грищенко, Власов, 2011).

**Озеро Мясро** – среднеминерализованный водоем эвтрофного типа. Сумма ионов составляет 180–200 мг/дм<sup>3</sup> (зимой до 250 мг/дм<sup>3</sup>), в том числе ионов кальция – 30–35, магния – 8–14, сульфатов и хлоридов от 5 до 15 мг/дм<sup>3</sup>. Активная реакция воды щелочная. Сезонные колебания незначительны: летом величина рН изменяется от 8,20 до 8,40, зимой от 7,40 до 7,70. Содержание биогенных элементов невысокое. Основными формами азота являются аммонийный и нитратный, нитриты находятся в воде в очень незначительных количествах. Концентрация минерального фосфора изменяется от аналитического нуля до 0,012 мгР/дм<sup>3</sup>, незначительно увеличиваясь у дна в зимнее время. Содержание железа и кремния в воде низкое. Для озера характерна значительная прозрачность воды (1,5–3 м) в летнее время, повышающаяся до 3,5 м зимой. Низкий показатель БПК<sub>5</sub> (1,14–1,56 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) хорошо увязывается с невысоким показателем перманганатной окисляемости (6,9 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>), небольшой массой фитопланктона (0,12–1,29 г/м<sup>3</sup>) и его численностью (1,57–3,5 млн.кл/дм<sup>3</sup>). Биомасса зоопланктона – 3,80 г/м<sup>3</sup>, зообентоса – 7,91 г/м<sup>3</sup>.

В многолетней динамике состава вод просматривается устойчивая тенденция увеличения минерализации водной массы и содержания биогенных элементов в ней (рис. 3), что свидетельствует об усилении антропогенной нагрузки на озеро.

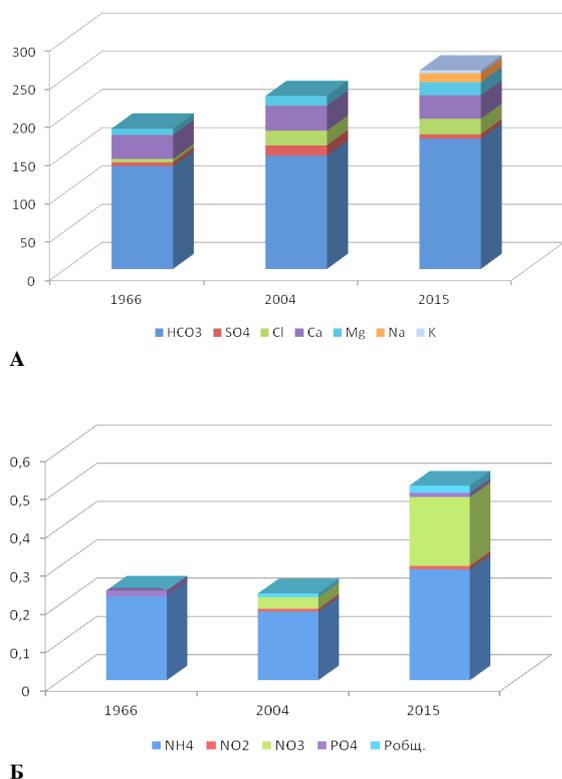


Рис. 3. Многолетняя динамика изменения макрокомпонентов (А) и биогенных элементов (Б) в водной массе озера Мястро, мг/дм<sup>3</sup>

Rys. 3. Wieloletnia dynamika zmian makroelementów (А) i elementów biogenicznych (Б) w wodzie jez. Miałstro, mg/dm<sup>3</sup>

Fig. 3. Long-term change dynamics of macrocomponents (А) and biogenous elements (Б) in water of the lake Myastro, mg/dm<sup>3</sup>

**Озеро Свирь.** Неглубокая котловина, расположенная по линии преобладающих ветров способствует ветровому перемешиванию водной массы озера. В летний период водная масса характеризуется состоянием гомооксигенации (содержание кислорода в пределах 90–92% насыщения) и гомотермии (18,0–18,2°С), не стратифицирована, характеризуется средней минерализацией (около 250 мг/дм<sup>3</sup>). Прозрачность воды невысокая (1,4 м), цветность 30–40°, реакция воды щелочная (рН – 8,2). Общий режим озера типичен для эвтрофного типа.

Общая минерализация составляет 270–290 мг/дм<sup>3</sup>. Вода относится к гидрокарбонатному

классу кальциевого типа. Доля гидрокарбонатного иона составляет около 70% величины общей минерализации, доля ионов кальция значительно ниже (17%), но она достаточно высока, что объясняется наличием карбонатных отложений, выстилающих значительную площадь ложа озера. Основными формами азота являются аммонийный и нитратный, содержание фосфатов и нитритов в воде низкое.

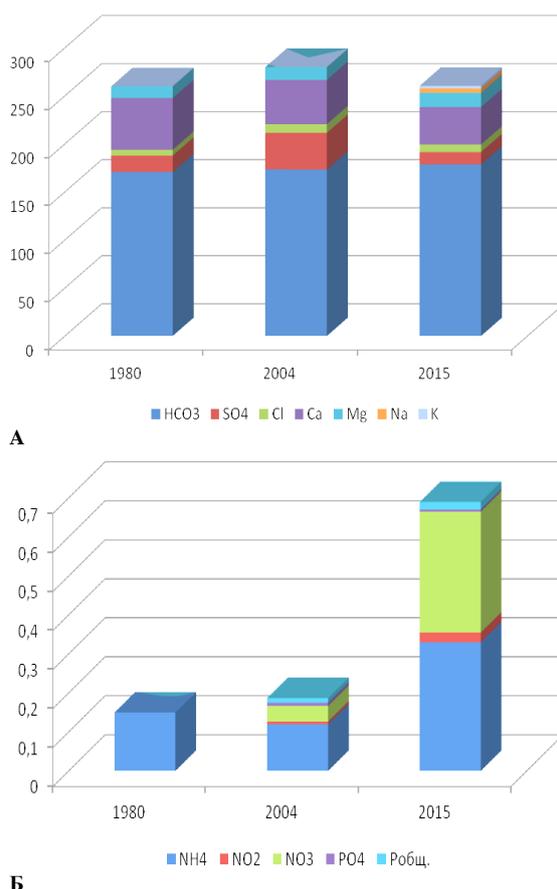


Рис. 4. Многолетняя динамика изменения макрокомпонентов (А) и биогенных элементов (Б) в водной массе озера Свирь, мг/дм<sup>3</sup>

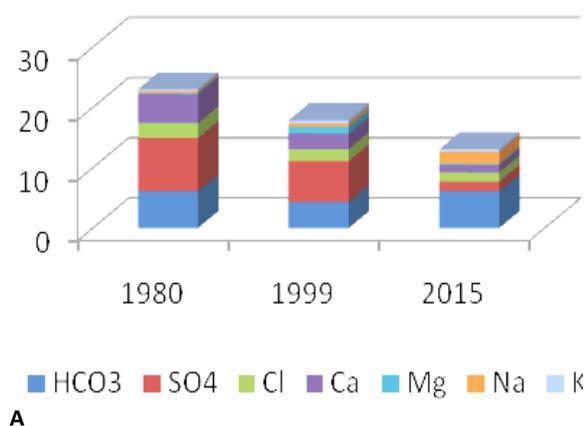
Rys. 4. Wieloletnia dynamika zmian makroelementów (А) i elementów biogenicznych (Б) w wodzie jez. Świr, mg/dm<sup>3</sup>

Fig. 4. Long-term change dynamics of macrocomponents (А) and biogenous elements (Б) in water of the lake Svir, mg/dm<sup>3</sup>

Надводные макрофиты создают широкую (до 200 м) полосу вдоль берега. В фитопланктоне преобладают сине-зеленые и диатомовые, биомасса более 5 г/м<sup>3</sup>. В зоопланктоне преобладают ветвистоусые рачки, общая биомасса 1,55 г/м<sup>3</sup>. Зообентос представлен хирономидами, моллюсками.

В многолетней динамике состава вод просматривается устойчивая тенденция увеличения содержания азота нитратного и аммонийного (рис. 4), что свидетельствует об усилении антропогенной нагрузки на озеро.

**Озеро Белое** относится к слабостратифицированным водоемам. В летнее время водная масса отличается плавным ходом температуры от поверхности ко дну и высоким насыщением кислорода по всей толще (80–90%), а температура у дна не опускается ниже 18°C. Вода низкоминерализованная, сумма ионов не превышает 25 мг/дм<sup>3</sup>. Показатели цветности (20°) и окисляемости (5,3 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) свидетельствуют о незначительном привносе питательных веществ и органики. Прозрачность воды не превышает 2,0 м.



Активная реакция нейтральная (pH – 7,12). Содержание биогенных элементов незначительно.

Озеро характеризуется как водоем мезотрофного типа со слабым развитием гидробионтов. Общая биомасса фитопланктона 0,6–0,9 г/м<sup>3</sup>. Для озера характерно полное отсутствие погруженных растений. Основным ценозообразователем является тростник. В озере отмечено, в последние годы единичное, нахождение охраняемого вида – полушника озерного (*Isoëtes lacustris*).

В многолетней динамике состава вод с конца 1980-х годов отмечено снижение содержания основных макрокомпонентов ионного состава, а также биогенных элементов (в особенности азота аммонийного) (рис. 5), однако в последние годы вновь отмечается его увеличение, что свидетельствует о превышении допустимой рекреационной нагрузки на озеро.

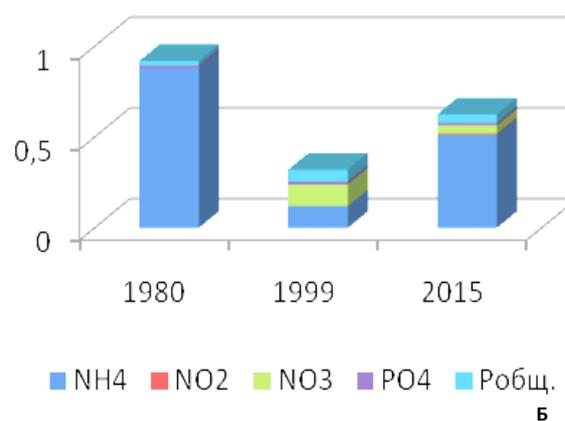


Рис. 5. Многолетняя динамика изменения макрокомпонентов (А) и биогенных элементов (Б) в водной массе озера Белое, мг/дм<sup>3</sup>

Rys. 5. Wieloletnia dynamika zmian makroelementów (A) i elementów biogenicznych (B) w wodzie jez. Białeje, mg/dm<sup>3</sup>

Fig. 5. Long-term change dynamics of macrocomponents (A) and biogenous elements (B) in water of the lake Belaye, mg/dm<sup>3</sup>

**Озеро Глубелька** – среднеминерализованный водоем эвтрофного типа. Водная масса стратифицирована. Температурный скачок на глубине 4–7 м обычно составляет 3°C на 1 метр. Поверхностные слои хорошо прогреты и насыщены кислородом. В верхних слоях содержание кислорода превышает 100%, в зоне температурного скачка – до 136%, на глубине 15–16 м полностью исчезает. С глубины 10–12 м ощущается запах сероводорода. Для озера характерна высокая прозрачность (5,9 м) и низкая цветность (10°). Активная реакция на поверхности слабощелочная, у дна – нейтральная. Минерализация воды

высокая (зимой до 250 мг/дм<sup>3</sup>) со значительными колебаниями в поверхностном и придонном слое. Содержание биогенных элементов низкое.

В многолетней динамике состава вод в последние годы отмечается присутствие азота нитратного и некоторое увеличение азота аммонийного и соединений фосфора (рис. 6), что свидетельствует об усилении антропогенной нагрузки на водосборную территорию озера.

По данным Республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды

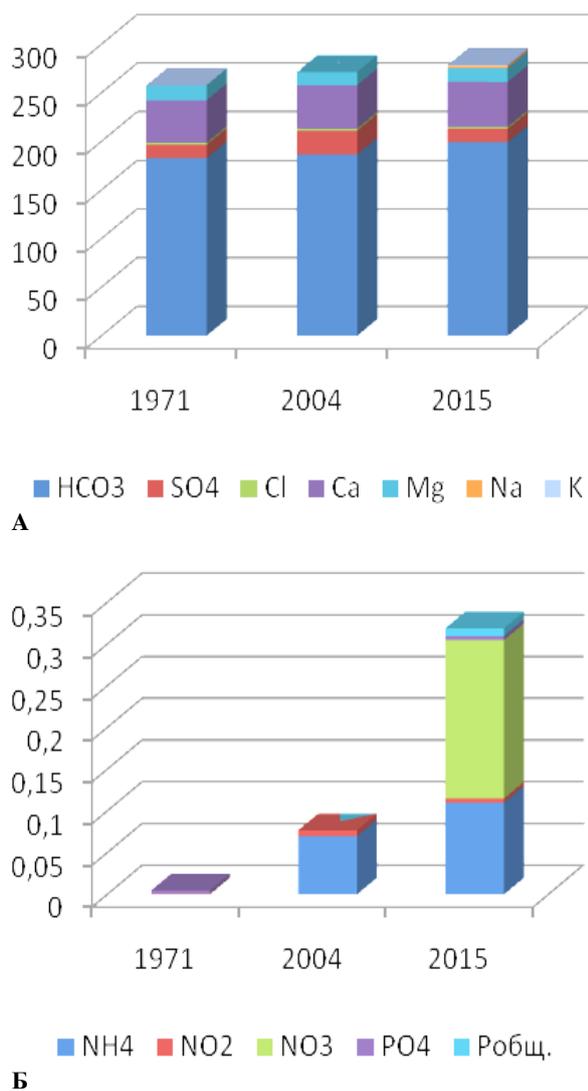


Рис. 6. Многолетняя динамика изменения макрокомпонентов (А) и биогенных элементов (Б) в водной массе озера Глубелька, мг/дм<sup>3</sup>

Rys. 6. Wieloletnia dynamika zmian makroelementów (А) i elementów biogenicznych (Б) w wodzie jez. Glubielka, mg/dm<sup>3</sup>

Fig. 6. Long-term change dynamics of macrocomponents (А) and biogenous elements (Б) in water of the lake Glubelka, mg/dm<sup>3</sup>

(Логинов, 2011, Мельнов, 2016), в последние годы отмечаются лишь разовые превышения ПДК по отдельным показателям для исследуемых озер. Дефицит кислорода наблюдался в придонных слоях воды озера Мястро в летний период. В то же время среднегодовые значения показателя БПК<sub>5</sub>, как правило, не выходили за пределы ПДК. Загрязнение воды нефтепродуктами отмечалось в отдельные годы для озер Мястро (до 1,6 ПДК), Нарочь (до 1,4 ПДК), Свирь (до 1,2 ПДК). Превышение ПДК по содержа-

нию азота аммонийного (1,3 ПДК) было зафиксировано в озере Белое в летний период, что объясняется увеличением рекреационной нагрузки на озеро в последнее время. В целом, полученные средние значения коэффициентов концентрации и индексов загрязнения воды характеризуют озера как чистые.

Проведенный в 2015 году химический анализ проб воды исследуемых озер не показал превышений ПДК ни по одному из показателей. Полученные средние значения коэффициентов концентрации характеризуют озера как чистые. При этом воды озер Нарочь, Мястро и Свирь подвергаются более высокой антропогенной трансформации, о чем свидетельствуют значения ИТОВ (табл. 4).

Важной характеристикой геоэкологического состояния аквальных комплексов являются также донные отложения. Аккумулируя тяжелые металлы, радионуклиды и высокотоксичные органические вещества, донные отложения, с одной стороны, способствуют самоочищению водной среды, а с другой – представляют собой постоянный источник вторичного загрязнения водоемов. Данные геохимического анализа донных отложений исследуемых озер на содержание в них тяжелых металлов (свинец, марганец, хром, никель, ванадий, медь, цинк, титан) говорят о слабом уровне загрязнения (табл. 4).

Анализ накопления фитомассой макрофитов техногенных элементов показал, что с учетом зональности наибольшей способностью к накоплению химических элементов отличаются погруженные макрофиты. Наибольшее содержание тяжелых металлов отмечается в водных растениях водоемов (Свирь, Мястро), расположенных вблизи крупных населенных пунктов. В водоемах, не подверженных прямому загрязнению, содержание поллютантов в макрофитах находится ниже, на уровне фоновых величин или незначительно их превышает.

Так, никель в водных растениях не обнаружен либо содержится в небольших количествах (оз. Свирь: менее 0,21 мг/кг воздушно-сухого веса). Содержание меди не превышает фоновые величины, причем максимальные концентрации зафиксированы в надводных растениях оз. Мястро (3,16 мг/кг, ежеголовник *Sparganium*). Самое высокое содержание свинца зафиксировано в оз. Белое (21,47 мг/кг, рдест плавающий *Potamogeton natans*), что в 9 раз превышает фо-

Таблица 4. Оценка экологического состояния озер  
 Tabela 4. Ocena stanu ekologicznego omawianych jezior  
 Table 4. Assessment of an ecological status of lakes

Показатели	Нарочь	Мястро	Свирь	Глубелька	Белое
K(с)р / озеро	0,20 / чистое	0,12 / чистое	0,18 / чистое	0,20 / чистое	0,18 / чистое
ИТОВ / степень трансформации	69 / высокая	65 / высокая	68 / высокая	34 / средняя	50 / повышенная
Zc / уровень загрязнения	1,44 / слабый	6,12 / слабый	6,51 / слабый	2,83 / слабый	8,7 / слабый
S / вода	1,89 / достаточно чистая	1,88 / достаточно чистая	2,03 / слабо загрязненная	1,93 / достаточно чистая	1,56 / достаточно чистая
Ирп / озеро	0,56 / чистое	0,78 / чистое	0,68 / чистое	0,02 / очень чистое	0,81 / чистое
МІ / экологическое состояние	0,721 / хорошее	0,652 / удовлетворительное	0,542 / удовлетворительное	0,47 / удовлетворительное	0,279 / плохое

новую величину. В 2–3 раза выше фоновой величины его содержание в оз. Свирь (6,36 мг/кг). В остальных водоемах макрофиты накапливают свинца на уровне и ниже фоновых по республике. Максимальное зафиксированное содержание цинка в тростнике обыкновенном *Phragmites australis* (20,52 мг/кг) в оз. Мястро, что в 15 раз выше среднего значения по республике. Титан обнаружен лишь в водокрасе обыкновенном *Hydrocharis morsus-ranae* оз. Свирь (21,21 мг/кг, при среднефоновом содержании титана в фитомассе макрофитов 8,39 мг/кг). В растениях, произрастающих в изучаемых водоемах, не зафиксировано содержание хрома, ванадия. Концентрация марганца колеблется в очень широких пределах: от следовых до 2 121 мг/кг (водокрас обыкновенный, оз. Свирь), что превышает не только естественные фоновые, но и критические (более 500 мг/кг) значения. Больше всего марганца накапливают погруженные макрофиты, причем как в загрязненных, так и не подверженных загрязнению водоемах.

Несмотря на наличие превышений фоновых величин, полученные значения индекса содержания тяжелых металлов в растениях позволяют отнести озера к классу чистых и очень чистых (табл. 4).

Применение метода фитоиндикации позволило использовать различные признаки и свойства отдельных водных растений (макрофитов)

и фитоценозов для получения качественной и количественной характеристики экологического состояния озерных экосистем. В качестве показателей при этом использовались флористический состав, структура зарастания, обилие, жизненность и поврежденность.

Так, незначительное развитие рясковых *Lemnaceae* в исследуемых озерах свидетельствует о благополучии в водных экосистемах. Невысокий показатель обилия ряски трехдольной *Lemna trisulca*, малой *L. minor* и многокоренника обыкновенного *Spirodela polyrrhiza* говорит о бедности водной среды биогенными веществами и, следовательно, малой степени эвтрофикации и загрязнения водоемов. Локальное интенсивное развитие рясковых, нитчатых водорослей *Algae* и узколистных рдестов *Potamogeton* может указывать на места поступления биогенных веществ в водоемы с водосборной площади.

О незначительном антропогенном воздействии на рассматриваемые озера также свидетельствует слабое развитие стрелолиста стрелолистного *Sagittaria sagittifolia*, частухи подорожниковой *Alisma plantago-aquatica*. В то же время интенсивное развитие таких погруженных растений, как элодея канадская *Elodea canadensis* (Нарочь, Мястро, Свирь), телорез алоэвидный *Stratiotes aloides* (Нарочь, Мястро), уруть колосистая *Myriophyllum spicatum* (Нарочь, Мястро, Свирь) и роголистник погруженный *Ceratophyllum de-*

*mersum* (Нарочь) может косвенно указывать на нарушение устойчивости экосистем перечисленных озер. Наличие таких противоречий в определении степени эвтрофикации методом фитоиндикации обусловлено тем, что высшая водная растительность более консервативна, чем сообщества фито- и зоопланктона и бентоса, поэтому изменения видового состава, проективного покрытия зарослей макрофитов и их фитомассы происходят за достаточно продолжительный период.

Произрастание олиго-β-мезосапробных видов – мха фонтиналиса *Fontinalis* в озерах Нарочь, Мясстро и Глубелька, и полушника озерного *Isòetes lacustris* в оз. Белое – указывает на чистоту водной среды этих озер. Наиболее интенсивное развитие в озерах получили β-мезоса-

пробные виды: элодея канадская (Нарочь, Мясстро, Свирь), рдест плавающий (Мясстро, Белое), кубышка желтая *Nuphar lutea* (Мясстро), роголистник погруженный *Ceratophyllum demersum* (Нарочь), водяной лютик *Ranunculus aquatilis* (Мясстро, Свирь, Глубелька). α-мезосапроб – рдест пронзеннолистный *Potamogeton perfoliatus* – в силу своей способности произрастать в водах различной степени загрязненности, получил широкое распространение во всех озерах (кроме оз. Белое).

Расчет индекса сапробности позволил установить качество озерных вод и степень их загрязнения органическими веществами. Помещенная ниже табл. 5 дает возможность связать индекс и зону сапробности с классом и разрядом качества воды.

Таблица 5. Оценка экологического состояния озер по индексам сапробности  
Tabela 5. Ocena stanu ekologicznego badanych jezior na podstawie wskaźników saprobowości  
Table 5. Assessment of an ecological status of lakes according to saprobic indexes

Озеро	Индекс сапробности	Класс качества воды	Разряд качества воды	Наименование зон сапробности
Нарочь	1,89	умеренно загрязненная	достаточно чистая	β-мезосапробная
Мясстро	1,88	умеренно загрязненная	достаточно чистая	β-мезосапробная
Свирь	2,03	умеренно загрязненная	слабо загрязненная	β-мезосапробная
Глубелька	1,93	умеренно загрязненная	достаточно чистая	β-мезосапробная
Белое	1,56	умеренно загрязненная	достаточно чистая	β-мезосапробная

Расчет мультиметрического индекса для оценки трофного статуса и экологического состояния стоячих водоемов (СЕМЕНЧЕНКО, РАЗЛУЦКИЙ, 2007), основанный на вычислении мер разнообразия гидробионтов (в нашем случае высшей водной растительности), выявил некоторые различия в полученных результатах с другими показателями (табл. 4). Возможно, это связано с тем, что разнообразие может зависеть от иных, нежели загрязнение, факторов, а также с тем, что высшая водная растительность более консервативна, чем сообщества фито-, зоопланктона и бентоса, о чем уже упоминалось выше.

При расчете индекса учитывалось число видов макрофитов в озере и показатель видового разнообразия (по Маргалефу). Для оценки степени видового сходства макрофитов в озерах был проведен сравнительный анализ флористи-

ческой общности (различия) видового состава фитоценозов с использованием коэффициента Серенсена (рис. 7). Он показал, что видовое сходство макрофитов озер варьируется в широком диапазоне – от 93% между озерами Нарочь и Мясстро до 29% между Нарочью и Белое, что свидетельствует об общности и сходстве водных экосистем первых и различии последних. Также отмечено высокое видовое сходство макрофитов озер Мясстро и Свирь (83%). Видовое сходство в пределах 51–75% характерно для озер Нарочь – Свирь, Нарочь – Глубелька, Мясстро – Глубелька, Свирь – Глубелька; 26–50% для Нарочь – Белое, Мясстро – Белое, Свирь – Белое, Глубелька – Белое. Флористическая общность видового состава погруженных макрофитов в целом подтверждает сделанные выше выводы.

Озеро	Нарочь	Мястро	Свирь	Глубелька	Белое
Нарочь		93	70	59	29
Мястро			83	68	35
Свирь				68	38
Глубелька					41
Белое					

**а**

Озеро	Нарочь	Мястро	Свирь	Глубелька	Белое
Нарочь		88	59	63	0
Мястро			85	81	0
Свирь				70	0
Глубелька					0
Белое					

**б**

Условные обозначения:



Рис. 7. Коэффициенты видового сходства всех видов макрофитов (а) и погруженных макрофитов (б) в озерах (по Серенсену)

Rys. 7. Współczynniki podobieństwa gatunkowego wszystkich gatunków makrofitów (a) i makrofitów zanurzonych (б) w badanych jeziorach (wg Serensena)

Fig. 7. Coefficients of species similarity of all macrophytes (a) and submerged macrophytes (б) in lakes (by Serensen)

Согласно разработанной методике, каждое полученное значение (табл. 4) было отнесено к определенному классу и ему был присвоен соответствующий балл от 1 до 5. Далее по формуле (1) был рассчитан комплексный показатель ИрЭОО (рис. 8).

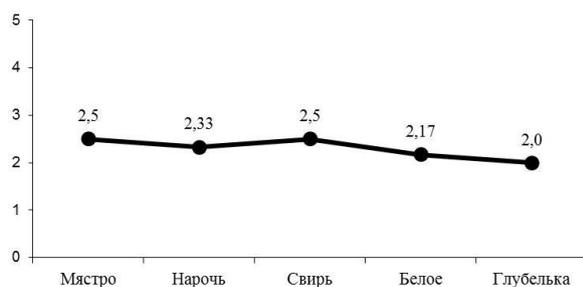


Рис. 8. Значения ИрЭОО озера

Rys. 8. Wartości wskaźnika ИрЭОО dla badanych jezior

Fig. 8. Values of ИрЭОО indicator for lakes

### Ландшафтно-экологическая оценка водосборов

Поскольку качество воды в водоемах в значительной степени определяется особенностями процессов, происходящих на окружающей их местности, то наряду с изучением процессов внутри озерной котловины большое внимание

следует уделять структуре водосборов и ее изменению под антропогенным влиянием.

В качестве операционных единиц ландшафтно-экологической оценки водосборов нами рассмотрено и апробировано использование выделов природной дифференциации и привязанных квадратов геометрической сетки. Выбор был сделан в пользу последнего варианта, который в наибольшей мере соответствует целям нашего исследования. Отбор исходных данных основывался на критериях их доступности и репрезентативности в отражении характеризующих явлений. Информационной базой данных для определения и расчета показателей послужила ландшафтная карта НП „Нарочанский” и топографические карты рассматриваемой территории масштаба 1 : 100 000, дежурные карты масштаба 1 : 10 000, карты ЗИС.

Полученную информацию использовали для расчета индексов антропогенной преобразованности ( $I_{ап}$ ), сохранности природных геосистем ( $I_{спг}$ ) и ландшафтного разнообразия ( $I_{лр}$ ). Результаты оценки приведены в табл. 6. Сохранность природных геосистем (СПГ) водосбора характеризуется удельным весом естественных и слабопреобразованных угодий. Однако простое суммирование площадей гео-

Таблица 6. Ландшафтно-экологическая оценка водосборов

Tabela 6. Krajobrazowo-ekologiczna ocena zlewni analizowanych jezior

Table 6. Landscape and ecological assessment of watersheds

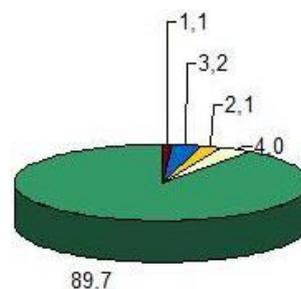
Озеро	Испг	Иап	Илр
Белое	1,45	0,79	4,19
Мястро	1,14	0,69	4,56
Нарочь	1,20	0,73	6,82
Свирь	0,88	0,63	6,00
Глубелька	1,50	0,80	1,58

систем не будет точно отражать природно-экологический потенциал (ПЭП) территории, так как различные типы природных геосистем характеризуются разной степенью проявления экологической функции. Поэтому был рассчитан индекс (Испг), учитывающий значимость различных типов угодий в сохранении ПЭП территории. Минимальными его значениями характеризуются хозяйственно освоенные земли водосборов озер Мястро, Нарочь и Свирь. На данных территориях основная роль в сохранении естественных экосистем принадлежит лесам и лугам (рис. 9). Максимальные значения индекса имеют лесопокрываемые территории водосборов озер Белое и Глубелька.

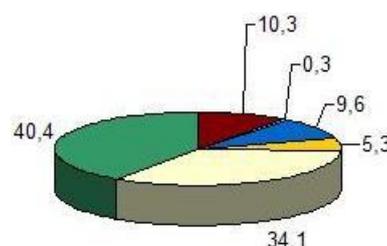
Результаты расчета Иап водосборов в целом говорят о низкой степени антропогенной преобразованности водосборов изучаемых озер, что объясняется их размещением в пределах охраняемой территории.

Одной из важнейших составляющих ландшафтно-экологической оценки выступает ландшафтное разнообразие. Сущность классической трактовки данного понятия базируется на особенности, уникальности, мозаичности и контрастности природных ландшафтных структур. Разнообразие сводится к числу морфологических или классификационных единиц природно-территориальных комплексов (ПТК). Оно может быть оценено через ряд индексов разнообразия. Для расчетов предложено несколько десятков показателей, но наиболее репрезентативными из них признано два: видовое богатство ПТК и площадь.

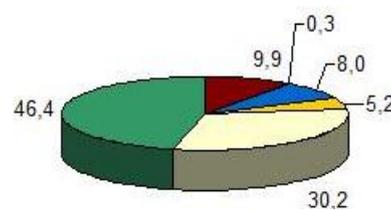
Ландшафтное разнообразие (ЛР) территории оценивалось по индексу разнообразия Менхеника, который предполагает в качестве основных показателей использовать количество



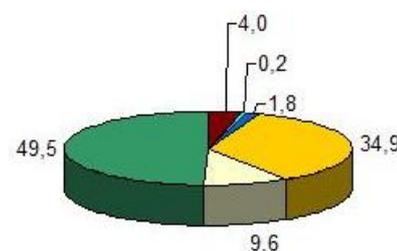
Белое/Biełoje/Beloye



Мястро/Miastro/Myastro



Нарочь/Narocz/Naroch



Свирь/Swir/Svir



Рис. 9. Структура водосборных территорий озер, %:

1 – населенные пункты, 2 – под водой, 3 – заболоченные, 4 – пахотные, 5 – луговые, 6 – леса

Rys. 9. Struktura użytkowania ziemi na obszarze zlewni badanych jezior, %:

1 – miejscowości, 2 – pod wodą, 3 – zabagnione, 4 – grunty orne, 5 – łąki, 6 – lasy

Fig. 9. Structure of lake's watersheds, %:

1 – settlements, 2 – under water, 3 – marshes, 4 – arable lands, 5 – meadows, 6 – forests

ландшафтных единиц и занимаемую ими площадь. Наиболее высоким уровнем ЛР (максимальный показатель 6,82) отличаются водосборы озер Нарочь и Свирь. Низкий уровень ЛР характерен для оз. Глубелька, водосбор которого занят лишь одним видом ландшафта. Для

водосборов остальных озер характерен средний уровень ЛР.

Согласно разработанной методике каждое полученное значение было отнесено к определенному классу и ему был присвоен соответствующий балл от 1 до 5. Далее по формуле (1) был рассчитан комплексный показатель ИрЛЭОВ (рис. 10).

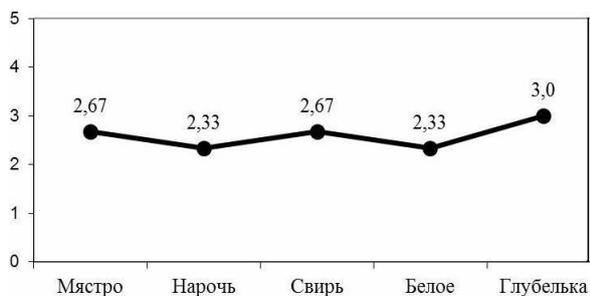


Рис. 10. Значения ИрЛЭОВ озер

Rys. 10. Wartości wskaźnika IrЛЭОВ badanych jezior

Fig. 10. Values of IrЛЭОВ indicator for lakes

Полученные показатели свидетельствуют об удовлетворительном состоянии изучаемых водосборов. Более высокое значение показателя для озер Мястро и Свирь объясняется повышенным уровнем селитебного и сельскохозяйственного освоения территорий их водосборов соответственно. Снижение показателя для оз. Нарочь вызвано высоким уровнем ландшафтного разнообразия. Низкое ландшафтное разнообразие водосбора оз. Глубелька, напротив, вызвало повышение показателя, несмотря на низкую антропогенную преобразованность и высокую сохранность геосистем.

#### Оценка уровня антропогенного воздействия

На водосборах исследуемых озер отсутствуют крупные промышленные предприятия, использующие озерную воду в технологических целях или сбрасывающие туда производственные отходы. Тем не менее, существует целый ряд локальных и потенциальных источников загрязнения. Локальными источниками загрязнений служит отрезок автотрассы, прилегающей к берегу озера Нарочь, несколько автономных котелен, автокемпинги и др. Потенциальную угрозу представляют территории населенных пунктов, места складирования бытовых отходов, сельскохозяйственные угодья.

Однако основная нагрузка на озера связана с рекреационной деятельностью. В конце 1990-х годов, единовременное количество отдыхающих на территории НП в пиковые дни (выходные дни с хорошей погодой) составляло около 13 000 человек, включая организованных туристов в учреждениях курортного лечения, отдыха и туризма, гостей в частном секторе, дачников, самостоятельных туристов. При этом организованные отдыхающие составляли более 6 000 человек, неорганизованные туристы, осуществляющие долговременный отдых – до 4 000 человек. Поток кратковременно отдыхающих в уик-энд составлял более 2 000 человек (*Определение фактического...*, 2011).

В настоящее время единовременное количество организованных туристов составляет до 5 000 человек. Общий туристский поток в пиковые дни составляет до 9 000 человек, из которых 5 000 – отдыхающие в учреждениях отдыха и туризма, около 2 000 человек приезжают на отдых в выходные, примерно 2 000 составляют долговременные неорганизованные туристы. Рекреационная нагрузка на туристические стоянки за летний сезон составляет 22 545 чел./дней. В благоприятные дни на пляжах НП находится одновременно в среднем около 220 человек.

Самым популярным пляжем является пляж озера Белое. В некоторые дни в час пик количество отдыхающих может достигать 300 человек. При этом надо отметить, что данный пляж практически не обустроен для обслуживания такого количества рекреантов, что снижает устойчивость прибрежного природного комплекса к рекреационным нагрузкам.

Рекреационная нагрузка на пляжи озера Нарочь в настоящее время не велика, что вызвано влиянием фактора церкариоза. Вместе с тем пляжная инфраструктура позволяет обслуживать большие объемы купально-пляжного отдыха на этом озере.

На озере Мястро наблюдаются определенные диспропорции в распределении нагрузки по имеющимся пляжам. Так, Центральный пляж г. Мядель, отличаясь большими размерами береговой части и акватории и относительно хорошим обустройством, используется недостаточно интенсивно. Видимо причина кроется в неразвитости курортно-рекреационных функций самого города, в котором слабо распространена традиция обслуживания туристов и отды-

хающих. В этой связи видится перспективным развитие средств размещения туристов в самом г. Мядель, а не только в курортном поселке Нарочь (*Определение фактического...*, 2011).

Второй популярный пляж расположен в окрестностях деревни Кочерги и интенсивно используется самостоятельными туристами, которые располагаются на туристической стоянке. Используется пляж и кратковременными посетителями (в основном местным населением). Однако рекреационная емкость данного места полностью исчерпана.

В местах купания на озерах Свирь, Глубелька в будние дни купающиеся отсутствовали,

а в жаркие солнечные дни были единичны.

Таким образом, рекреационная нагрузка на озера со стороны купально-пляжного отдыха распределена нерационально и требует оптимизации. В то время, как хорошо оборудованные пляжи (г. Мядель) недостаточно загружены отдыхающими, пляжи, наиболее популярные у отдыхающих (озеро Белое), недостаточно или не оборудованы вообще, а их природные комплексы испытывают чрезмерные нагрузки.

Согласно принятой методике был рассчитан показатель уровня антропогенного воздействия для каждого озера (табл. 7; рис. 11).

Таблица 7. Оценка уровня антропогенного воздействия на озера  
Tabela 7. Ocena poziomu wpływu antropogenicznego na badane jeziora  
Table 7. Assessment of level of anthropogenic impact on lakes

Показатель	Глубелька	Белое	Свирь	Мястро	Нарочь
плотность населения, чел/км <sup>2</sup>	0	0	19,7	68,7	66,7
В	0	0	1,4	5,0	4,9
плотность выбросов, т/км <sup>2</sup>	0	0	0,3	4,6	2,8
В	0	0	0,3	5,0	3,0
удельный объем сброшенных сточных вод, тыс.м <sup>3</sup> /км <sup>2</sup>	0	0	1,6	0	0
В	0	0	5,0	0	0
удельный объем образованных отходов, т/км <sup>2</sup>	0	0	1,1	14,2	36,7
В	0	0	0,1	1,9	5,0
удельное поступление минеральных удобрений, кг/га	0	126	150,83	132,46	132,24
В	0	4,2	5,0	4,4	4,4
рекреационная нагрузка, чел/сезон/км <sup>2</sup>	0	660,51	0	64,35	81,88
В	0	5,0	0	0,5	0,6
ІрУАВ	0	1,5	2,0	2,8	3,0
Уровень антропогенного воздействия	низкий	средний	средний	повышенный	повышенный

Полученные показатели наглядно отражают уровень антропогенного воздействия на изучаемые озера. Минимальные значения характерны для озера Глубелька, находящегося среди лесных массивов и испытывающих влияние

лишь со стороны экскурсантов. Озеро Белое испытывает большую нагрузку со стороны неорганизованных отдыхающих (небольшую часть водосбора озера также занимает пашня). Антропогенное воздействие на оз. Свирь выражается

главным образом в повышенном внесении минеральных удобрений, обусловленном высокой долей сельскохозяйственных угодий, и сбросом сточных вод в р. Малиновка, впадающую в озеро.

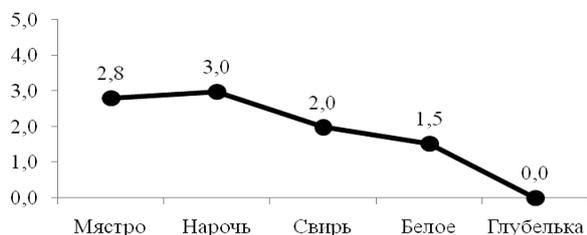


Рис. 11. Значения IpYAB озер

Rys. 11. Wartości wskaźnika IpYAB dla badanych jezior

Fig. 11. Values of IpYAB indicator for lakes

Максимальные значения индекса характерны для наиболее освоенных во всех отношениях озер Нарочь и Мястро. Дальнейшее развитие рекреационной отрасли в зоне озера Нарочь, наращивание емкости курортно-рекреационных учреждений возможно при условии сбалансиро-

ванного уменьшения суммарной трофической нагрузки на экосистему озера от всех видов хозяйственной деятельности, в случае фактического подтверждения эффективности природоохранных мероприятий, стабилизации баланса биогенных элементов и в условиях строгого контроля за состоянием озера.

Расчет интегрального показателя геоэкологической оценки озер проводился согласно разработанной методике. Результаты расчетов приведены на рис. 12 и в табл. 8.

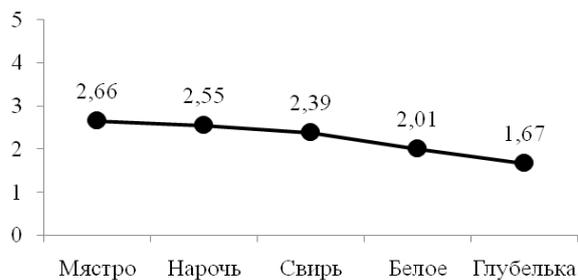


Рис. 12 Значения IpGOO озер

Rys. 12. Wartości wskaźnika IpGOO dla badanych jezior

Fig. 12. Values of IpGOO indicator for lakes

Таблица 8. Геоэкологическая оценка озер

Tabela 8. Ocena geoekologiczna badanych jezior

Table 8. Geoecological assessment of lakes

Озеро	IpЭОО	IpЛЭОВ	IpYAB	IpGOO	Экологическое состояние
Мястро	2,50	2,67	2,8	2,66	относительно благоприятное
Нарочь	2,33	2,33	2,98	2,55	относительно благоприятное
Свирь	2,50	2,67	1,99	2,39	относительно благоприятное
Белое	2,17	2,33	1,53	2,01	относительно благоприятное
Глубелька	2,00	3,00	0	1,67	благоприятное

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные оценочные показатели позволяют сделать следующие выводы:

- озера Мястро, Нарочь, Свирь и Белое характеризуются относительно благоприятным экологическим состоянием: состояние самих озерных экосистем и их водосборов можно оценить как удовлетворительное. Важно не допустить повышения уровня антропогенного воздействия на эти озера и не нарушить их экологического равновесия;
- озеро Глубелька характеризуется благоприятным экологическим состоянием: состояние озера и водосбора можно оценить как хорошее, что объясняется минимальным уровнем антропогенного воздействия. Необходимо сохра-

нить существующий уровень качества воды этого озера и предотвратить увеличение антропогенной нагрузки;

- полученные результаты в целом свидетельствуют об эффективности проведения природоохранных мероприятий в НП, направленных в частности на сохранение и рациональное использование водных ресурсов. Однако последние данные показывают необходимость соблюдения строгого режима их охраны в соответствии с законодательством.

## ЛИТЕРАТУРА

Абакумов В. А. (ред.), 1983: Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Г\*идрометеиздат,

- Ленинград: 239 с.
- Винберг Г. Г. (ред.), 1985: Экологическая система Нарочанских озер. Изд-во „Университетское“, Минск: 303 с.
- Власов Б. П. и др., 2004: Озера Беларуси: Справочник. БГУ, Минск: 284 с.
- Власов Б. П., Гигевич Г. С., Грищенко Н. Д., 2011: Концепция и методика мониторинга водной растительности. В: Пугачевский А. В. (ред.): Методика проведения мониторинга растительного мира в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь. Право и экономика, Минск: 28–39.
- Грищенко Н. Д., Власов Б. П., 2011: Изменение климата как фактор уязвимости экосистемы озера Нарочь. В: Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды. Тез. докл. IV Междунар. науч. конф. Минск: с. 15.
- Жуховицкая А. Л., Курзо Б. В., Власов Б. П., 1997: Озерный седиментогенез в условиях техногенного воздействия. Литосфера, 5: 161–172.
- Катанская, В. М., 1981: Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения. Наука, Ленинград: 187 с.
- Кочуров Б. И., 1999: Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс. Изд. Смоленского гос. ун-та, Смоленск: 86 с.
- Логинов В. Ф. (ред.), 2011: Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень, 2010 год. Минсктиппроект, Минск: 395 с.
- Мельнов С. Б. (ред.), 2016: Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень, 2015 г. Минск: 323 с.
- Методические указания по принципам организации системы наблюдений и контроля за качеством воды водоемов и водотоков на сети Госкомгидромета в рамках ОГСНК. Гидрометеиздат, Ленинград, 1984: 39 с.
- Мэгарран Э., 1992: Экологическое разнообразие и его измерение (пер. с англ. Н. В. Матвеевой). Мир, Москва: 181 с.
- Определение фактического количества отдыхающих на территории Национального парка „Нарочанский“ и разработка предложений по оптимизации рекреационных нагрузок на озерные экосистемы на основе оценки фосфорной нагрузки и состояния пляжей: Отчет о НИР (заключительный). Науч. рук. Б. П. Власов. N ГР 20111305. БГУ, Минск, 2011: 39 с.
- Петрова М. И., Власов Б. П., 2008: Типизация озер Белорусского Поозерья на основании абиотических показателей. Вестник БГУ. Сер. 2, Химия. Биология. География, № 2: 77–81.
- Порядин, А. Ф., Хованский А. Д., 1996: Оценка и регулирование качества окружающей природной среды. Изд. дом „Прибой“, Москва: 350 с.
- Семенченко В. П., Разлуцкий В. И., 2007: Новый мультиметрический индекс для оценки трофического статуса и экологического состояния стоячих водоемов. Доклады НАН Беларуси, 51, 1: 72–74.
- Sladeczek V., 1973: System of water quality from the biological point of view. Arch. Hydrobiol. Ergeb. Limnol., 3: 218 с.
- Vlasov B. P., Gigevich G. S., 2006: Estimation of pollution of lakes of Belarus under the contents of heavy metals in water plants and bottom sediments. Limnological review, 6: 289–294.

*Поступила в редакцию: 2 декабря 2017*

*Wpłynął do redakcji: 2 grudnia 2017*

*Received: 2 December 2017*