

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ТИПОЛОГИЯ АКВАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТОВ
ОЗЕР НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»Б. П. ВЛАСОВ¹⁾, Н. В. КОВАЛЬЧИК¹⁾, Н. Ю. СУХОВИЛО¹⁾¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Аннотация. Проведены геохимическая типология и картографирование аквальных ландшафтов озер Национального парка «Нарочанский». В пределах аквальных систем озер Нарочь, Глубля, Глубелька выделены элементарные геохимические аквальные ландшафты, приуроченные к однородным участкам подводного рельефа с соответствующим типом донных осадков и растительных сообществ, распределением типоморфных химических элементов в водах и илах. При их отборе учитывались подходы А. И. Перельмана, Н. С. Касимова, А. Д. Хованского, а также О. Ф. Якушко к классификации аквальных ландшафтов малых озер Беларуси. Исследуемые водоемы различаются по генезису котловин, морфометрическим показателям, структуре водосборов. При этом оз. Нарочь входит в Нарочанскую группу озер, а озера Глубля и Глубелька являются частью Болдукской группы озер. В составе их донных осадков представлены пески завалуненные и заиленные, илы опесчаненные и глинистые карбонатные, глины, сапропели карбонатные, кремнеземистые и смешанные. Строение дна озерных котловин, определяющее механическую миграцию веществ, позволяет выделить абразионно-аккумулятивные, трансаккумулятивные и аккумулятивные позиции. На литорали и сублиторали развита высшая водная растительность гелофитной, гелогидрофитной и гидрорифитной формаций. Воды озер в основном хорошо насыщены кислородом. Указанные характеристики создают в пределах этих ландшафтов специфические условия миграции и концентрации химических элементов. Результатом типологии стало выделение 40 видов элементарных геохимических ландшафтов оз. Нарочь, 8 видов элементарных геохимических ландшафтов оз. Глубля и 15 видов элементарных геохимических ландшафтов оз. Глубелька. Элементарные геохимические ландшафты оз. Нарочь отнесены к кислородно-гидрокарбонатно-кальциевому классу, в аквальной системе оз. Глубля имеется еще кислородно-гидрокарбонатно-кальциево-глеевый класс элементарных геохимических ландшафтов, а в оз. Глубелька представлены кислородно-гидрокарбонатно-кальциевый и кислородно-гидрокарбонатно-кальциево-сероводородный классы элементарных геохимических ландшафтов. Составленные картосхемы могут быть использованы для создания комплексной картографической основы при определении антропогенной нагрузки на водоемы, прогнозировании изменений состояния и уязвимости аквальных систем.

Ключевые слова: элементарные геохимические аквальные ландшафты; Национальный парк «Нарочанский»; озерная система; типоморфные элементы; подводный рельеф; высшая водная растительность.

Образец цитирования:

Власов БП, Ковальчик НВ, Суховило НЮ. Геохимическая типология аквальных ландшафтов озер Национального парка «Нарочанский». *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2024;1:113–125.
EDN: XNHIMY

For citation:

Vlasov BP, Kavalchik NV, Sukhovilo NYu. Geochemical typology of aquatic landscapes of lakes in the Narochansky National Park. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2024;1:113–125. Russian.
EDN: XNHIMY

Авторы:

Борис Павлович Власов – доктор географических наук, профессор; главный научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории озераведения факультета географии и геоинформатики.

Надежда Владимировна Ковальчик – кандидат географических наук, доцент; доцент кафедры почвоведения и геоинформационных систем факультета географии и геоинформатики.

Нина Юрьевна Суховило – кандидат географических наук; заведующий научно-исследовательской лабораторией озераведения факультета географии и геоинформатики.

Authors:

Boris P. Vlasov, doctor of science (geography), full professor; chief researcher at the laboratory of lakes research, faculty of geography and geoinformatics.

vlasov@bsu.by

<https://orcid.org/0000-0001-9755-2845>

Nadzeya V. Kavalchik, PhD (geography), docent; associate professor at the department of soil science and geographic information systems, faculty of geography and geoinformatics.

kovalchiknv@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-7136-8078>

Nina Yu. Sukhovilo, PhD (geography); head of the laboratory of lake research, faculty of geography and geoinformatics.

sukhovilony@bsu.by

<https://orcid.org/0000-0003-0629-126X>

GEOCHEMICAL TYPOLOGY OF AQUATIC LANDSCAPES OF LAKES IN THE NAROCHANSKY NATIONAL PARK

B. P. VLASOV^a, N. V. KAVALCHYK^a, N. Yu. SUKHOVILO^a

^a*Belarusian State University, 4 Niezaliezhnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus*

Corresponding author: N. V. Kavalchik (kavalchiknv@gmail.com)

Abstract. Geochemical typology and mapping of aquatic landscapes of the Narochansky National Park have been completed. Within the aquatic systems of lakes Naroch, Glublya, Glubelka, elementary geochemical landscapes confined to homogeneous areas of underwater relief with the corresponding type of bottom sediments and plant communities, the distribution of typomorphic chemical elements in waters and silts are identified. On the base of the approaches of A. I. Perelman, N. S. Kasimov, A. D. Khovansky and the classification of aquatic landscapes of small Belarusian lakes of O. F. Yakushko we identified elementary aquatic landscapes of different classification levels. The studied lakes differ in the genesis of the basins, morphometric indicators, and the structure of the catchment areas. Lake Naroch is part of the Naroch lake group, lakes Glublya and Glubelka are part of the Bolduk lake group. The bottom sediments of lakes include sands, bouldered and silted ones, sandy and clayey carbonate silts, clays, carbonate sapropels, siliceous and mixed ones. The structure of the bottom of lake basins determines the mechanical migration of substances. It allows us to distinguish abrasion-accumulative, transaccumulative and accumulative positions. In the littoral and sublittoral zones, higher aquatic vegetation of helophytic, helo-hydrophytic and hydrophytic formations is developed. The waters of the lakes are generally well saturated with oxygen. They are characterised by a hydrocarbonate-calcium composition. These characteristics create specific conditions for the migration and concentration of chemical elements. The result of typing was the identification of 40 types of elementary aquatic landscapes of Lake Naroch, 8 types of elementary aquatic landscapes of Lake Glublya and 15 types of elementary aquatic landscapes of Lake Glubelka. Elementary geochemical landscapes of Lake Naroch are classified as oxygen-hydrocarbonate-calcium class, in the aquatic system of Lake Glubelka, in addition to this class, the oxygen-hydrocarbonate-calcium-gley class of elementary geochemical landscapes is also distinguished, and in Lake Glubelka the oxygen-hydrocarbonate-calcium and oxygen-hydrocarbonate-calcium-sulphurous classes of elementary geochemical landscapes are represented. The compiled maps can be used to create a comprehensive cartographic basis for determining the anthropogenic load on water bodies, predicting changes in the ecological state and vulnerability of aquatic systems.

Keywords: elementary geochemical aquatic landscapes; Narochansky National Park; lake system; typomorphic elements; underwater relief; higher aquatic vegetation.

Введение

Особенности положения озер в составе каскадных геохимических систем водосбор – озеро влияют на формирование в них специфических условий. Поскольку озерные котловины занимают самые гипсометрически низкие позиции на водосборах, они выступают аккумуляторами взвешенных и растворенных веществ, а также системообразующих энергетических и информационных потоков.

Аквальные ландшафты представляют собой сложные природные образования, которые являются, с одной стороны, результатом взаимодействия всех компонентов лимнических систем, а с другой стороны, средой протекания геохимических процессов. Поэтому их изучение позволяет лучше понять локальные особенности связи озер с их водосборами и создать картографическую основу для разработки схем рационального использования ресурсов и охраны уникальных природных комплексов.

Цель работы – проведение геохимической типологии аквальных ландшафтов ряда озер Национального парка «Нарочанский».

Определения, объекты и методы исследования

Для исследования геохимических процессов в озерных природно-территориальных комплексах немаловажное значение имеет выявление пространственной иерархии элементарных аквальных ландшафтов. Аквальные ландшафты представляют собой сложные динамические системы, которые аккумулируют твердые и растворенные вещества, выносимые из расположенных гипсометрически выше автономных, транзитных и супераквальных ландшафтов. Они включают водную массу, живое вещество, донные илы и занимают различные формы подводного рельефа¹. С позиций геосистемного подхода аквальные ландшафты малых озер – конечные звенья катен, принимающие миграционные потоки вещества и энергии с водосборов. В связи с этим считается, что по состоянию аквальных ландшафтов можно оценивать

¹Перельман А. И., Касимов Н. С. Геохимия ландшафта : учеб. пособие. М. : Астрель-2000, 1999. 768 с.

интенсивность природных процессов и степень антропогенной преобразованности как озер, так и их водосборных территорий.

При изучении наземных и водных природно-территориальных комплексов как сопряженных звеньев ландшафтно-геохимических систем применяется классификация элементарных геохимических ландшафтов, разработанная Б. Б. Полюновым и углубленная М. А. Глазовской, А. И. Перельманом и их последователями² [1–4]. Геохимическая систематика водных объектов имеет свои отличия. При выделении элементарных аквальных ландшафтов учитываются особенности биогенной миграции, которые во многом зависят от видового состава, биомассы и продуктивности растительных сообществ, окислительно-восстановительных условий миграции химических соединений в водах и донных осадках, распределения типоморфных элементов в илах и водах, подводного рельефа и гидродинамического режима, определяющего механическую миграцию веществ и тип донных отложений. Закономерное сочетание данных характеристик позволяет рассматривать отдельные участки акваторий как элементарные ландшафты с одинаковыми растительными сообществами, расположенные на однородных позициях подводного рельефа, в пределах которых формируется конкретный тип донных отложений [3]. В водоемах сложного строения элементарные ландшафты последовательно сменяют друг друга в направлении от прибрежной части водоема к его внутренним частям³. При этом их геохимическая специфика вызвана комплексом процессов превращения вещества и энергии. По мнению Л. Л. Россолимо, особенность озер – водоемов замедленного водообмена – состоит в положительном балансе вещества и энергии и их накопление можно считать основным признаком своеобразия озер как звеньев в системе стока и как элементов ландшафта [5].

Аквальные ландшафты на верхнем классификационном (порядковом) уровне по динамическому критерию делятся на водотоки, водоемы и прибрежные области морей⁴. Типы и семейства элементарных ландшафтов водоемов разграничиваются в зависимости от характера биогенной миграции, термического режима и содержания растворенного органического вещества. Так, при дифференциации аквальных систем озер с точки зрения видового состава растительных сообществ различаются ландшафты планктонных водорослей (низко-, средне- и высокопродуктивные) и ландшафты высшей водной растительности (ВВР).

Классы аквальных ландшафтов определяются физико-химическим состоянием вод и илов по показателям окислительно-восстановительных условий миграции элементов в водах и донных осадках с учетом их вертикальной зональности [2]. Формирование таких условий связано с особенностями образования и разложения органического вещества разных растительных сообществ. От типоморфных химических элементов вод и илов зависит протекание процессов обмена веществом между водой и донными осадками. Окислительная обстановка в насыщенной кислородом водной толще преобладает в ландшафтах водоемов. При этом кислородная зона приповерхностных слоев может сменяться глеевой или сероводородной зоной в придонных водах или илах. Вертикальные границы геохимических обстановок проходят как в водной толще, так и в донных илах. По сочетанию окислительно-восстановительных условий в вертикальном профиле аквального ландшафта А. Д. Хованский выделил кислородный, глеевый, сероводородный классы и ряд промежуточных классов с учетом минерализации и химического состава вод, радиального распределения типоморфных элементов в водах и илах (например, кислородно-гидрокарбонатно-кальциево-глеевый класс).

На уровне рода аквальные ландшафты отличаются особенностями механической миграции элементов, определяемой размывом, переносом и отложением литогенного материала. В зависимости от соотношения седиментационно-геоморфологических признаков существуют следующие роды ландшафтов: трансерозионные ландшафты – участки интенсивного размыва берегов и поступления большого количества материалов преимущественно в минеральной форме; трансаккумулятивные ландшафты – участки с преобладанием процессов отложения механически переносимого материала; абразионно-аккумулятивные ландшафты – участки вдоль высоких крутых берегов, размыв которых вызывает поступление в водоем значительного количества элементов в минеральной форме; нейтральные ландшафты – участки у пологих берегов со слабой абразией, приводящей в основном к нивелированию поверхности дна; аквально-супераквальные ландшафты – участки, периодически затопляемые во время поднятия уровня вод в водоеме; аккумулятивные ландшафты – глубоководные участки водоема, где происходит отложение материала⁵ [2].

²Глазовская М. А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов : учеб. пособие. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1964. 230 с. ; Тихомиров О. А. Формирование, динамика и экологическое состояние аквальных комплексов равнинных водохранилищ : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук : 25.00.23. Тверь, 2011. 45 с.

³Глазовская М. А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов... 230 с.

⁴Перельман А. И., Касимов Н. С. Геохимия ландшафта... 768 с.

⁵Там же.

Главными факторами разделения аквальных ландшафтов на уровне вида являются гранулометрический состав донных осадков и содержание органического вещества, которые отражают условия механической миграции материала и сорбционную емкость донных отложений. В составе донных осадков малых озер Беларуси представлены пески, илы опесчаненные, глинистые, глины, сапропели смешанные, карбонатные, кремнеземистые [6].

Указанные характеристики создают в пределах элементарных аквальных ландшафтов специфические условия миграции и концентрации химических элементов.

Анализируемые водоемы располагаются на территории Национального парка «Нарочанский» (рис. 1) и, как все озера Беларуси, относятся к малым⁶. Следует отметить, что оз. Нарочь входит в Нарочанскую группу озер, озера Глубля и Глубелька являются частью Болдукской группы озер. Их выбор в качестве объектов исследования вызван разнообразием геохимических условий: кроме преобладающей в аквальных системах кислородной зоны, в придонном слое оз. Глубля присутствует глеевая зона, в придонном слое оз. Глубелька – сероводородная зона, в оз. Нарочь данные зоны отсутствуют. Основные морфометрические характеристики водообмена озер приведены в таблице.

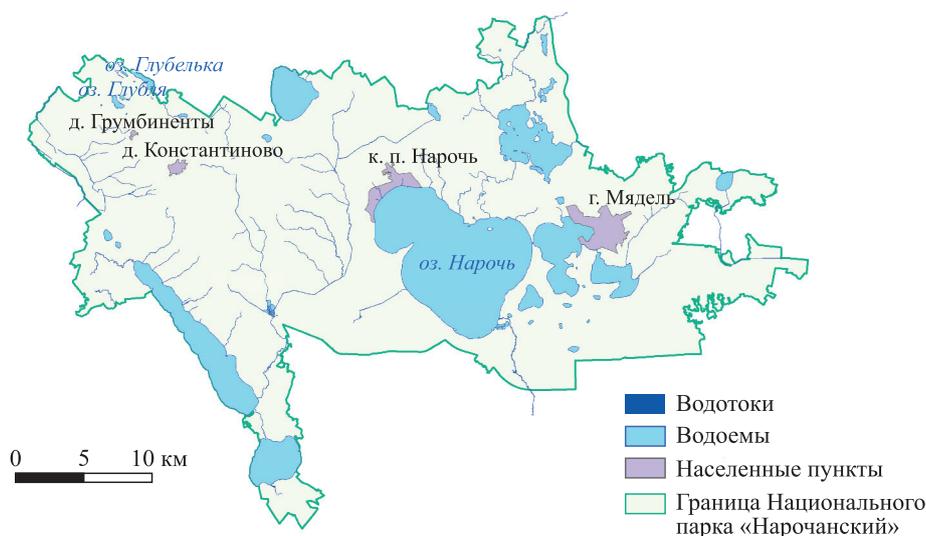


Рис. 1. Географическое положение объектов исследования

Fig. 1. Geographic situation of studied lakes

Морфометрические характеристики водообмена исследуемых озер

Morphometric characteristics of studied lakes

Озеро	Характеристики							
	Площадь, км ²	Объем воды, млн м ³	Максимальная глубина, м	Средняя глубина, м	Открытость	Глубинность	Площадь водосбора, км ²	Период водообмена, лет
Глубелька	0,09	0,55	17,0	6,10	0,01	203,30	0,40	6,41
Глубля	0,47	5,05	26,80	10,40	0,05	66,40	1,40	16,81
Нарочь	79,62	710,40	24,80	8,90	8,95	0,34	279,0	12,04

Озеро Нарочь. Водоем расположен в Мядельском районе Минской области, в 4 км к западу от г. Мяделя. Вместе с озерами Мястро, Баторино, Бледное он входит в Нарочанскую группу озер. Это озеро является самым большим естественным водоемом в Беларуси.

Котловина оз. Нарочь относится к котловинам подпрудного типа. Вдоль его северных и северо-восточных склонов развиваются типичные абразионные берега высотой до 10 м. Отвесные обрывы и мысы выступают ареной интенсивной разрушительной волновой деятельности. У их подножия скапливаются крупные валуны, вымытые из морены в процессе работы волн. Северо-западные берега водоема аккумулятивные. В его восточной части преобладают невысокие берега, а на северо-западе и западе большие

⁶Якушко О. Ф. Озероведение: география озер Беларуси : учеб. пособие. Минск : Выш. школа, 1981. 223 с.

участки представлены аккумулятивными песчаными берегами. Выступ (коса «Наносы») длиной 1,5 км разделяет оз. Нарочь на два плеса – малый (северо-западный) и большой (юго-восточный).

Ложе озера имеет сложное строение, здесь чередуются холмистые и плоские участки, далеко вытянутые подводные гряды. Почти везде, кроме участков у северного берега, широкую прибрежную полосу занимает литоральная зона с пологонаклонной поверхностью. На северо-западе ее ширина составляет 200 м, а у юго-восточного берега – до 300 м. На севере, у крутых склонов Северо-Нарочанской гряды, литораль узкая, каменистая. Изобата 2 м ограничивает 14,8 % площади водного зеркала⁷.

Пологая мелководная зона с глубинами до 5 м заполняет около 30 % площади водоема. Такая обширная литораль, густо покрытая ВВР, играет важную роль в защите озера от загрязняющих веществ, поступающих с водосбора. Лишь на коротком отрезке вдоль северных берегов, примыкающих к конечнореальной Северо-Нарочанской гряде, литораль сложена крупными валунами.

При значительном волнении формируются валы и идет вдольбереговое перемещение наносов. Ложбины между валами являются основными трассами перемещения наносов в зоне литорали. Однако роль ложбин и валов меняется в зависимости от интенсивности ветрового волнения. Для условий штиля характерны рифели (небольшие поднятия), при сильном ветре образуются валы высотой до 30 см, их ширина может достигать 15–20 м.

Сублитораль в озере является пологой. Она постепенно переходит в ложе. Наибольшие глубины приурочены к округлым впадинам, и только впадина «Гатовичские ямы» с глубиной 24,8 м создает ложбину, вытянутую вдоль косы, которая разделяет озера Нарочь и Мястро. На глубины свыше 10 и 20 м приходится 41,5 и 1,8 % площади водоема соответственно.

В гидрологическом отношении оз. Нарочь относится к числу слабопроточных водоемов. Вода поступает в него из оз. Мястро через короткую протоку Скему. Кроме того, оно принимает воды 17 ручьев (расположенных вблизи деревень Проньки, Антонисберг, Урлики, Симоны и др.) преимущественно со стороны высоких склонов. Сток из озера идет по р. Нарочи, которая, вытекая на юго-востоке, впадает в р. Вилию – правый приток р. Неман. Малая величина удельного водосбора отражается на характере водного баланса. В средние по водности годы более 35 % приходной части составляет поверхностный сток, около 65 % озеро получает за счет атмосферных осадков, выпадающих на водное зеркало. Доля подземного притока незначительна. В расходной части водного баланса преобладают сток по р. Нарочи (56 %) и испарение с водной поверхности.

Интенсивное ветровое перемешивание не способствует температурному расслоению водной массы. В обычную погоду мощность эпилимниона достигает 15–18 м. При этом основная часть водной массы отличается высоким кислородным насыщением и комплексом окислительных условий. По химическому составу вод оз. Нарочь классифицируется как водоем гидрокарбонатного класса кальциевой группы.

Обширные мелководья, значительная прозрачность и благоприятные физико-химические характеристики содействуют развитию ВВР. В озере зарегистрированы 45 видов водных и околводных сосудистых растений и 9 видов харовых водорослей и мхов. Площадь зарастания макрофитами составляет 27,5 % общей площади водоема, максимальная глубина их распространения доходит до 8 м. Поэтому на дне образовались густые подводные луга из рдестов, элодей, роголистника, харовых водорослей. Широко представлен нителлопсис притупленный (*Nitellopsis obtusa*) – редкий охраняемый вид зеленой водоросли, занесенный в Красную книгу Республики Беларусь [7]. Надводные растения, в отличие от погруженных, не образуют сплошной зоны распространения, а размещаются отдельными пятнами различной площади в литорали на глубине до 1,5–1,8 м, их основные заросли получили развитие вдоль юго-восточного, южного и западного берегов большого плеса, а также вдоль косы «Наносы» и западного берега малого плеса.

Среди донных отложений водоема широко распространены отложения карбонатного типа и терригенные осадки, что не совсем типично для озер Беларуси. Терригенные песчаные, песчано-глинистые, галечниковые и даже каменистые отложения слагают литоральную зону большого плеса. На значительной глубине здесь накопились смешанные кремнеземисто-карбонатные илы, в составе которых преобладают озерная известь, песок, глина. Собственно карбонатные отложения не залегают сплошным покровом, но малый плес заполнен известковистыми отложениями с содержанием оксида кальция до 48,5 %. Глубже находятся смешанные осадки с повышенной концентрацией извести (до 85 %)⁸.

В числе направлений антропогенного воздействия на экосистему оз. Нарочь можно назвать вытапывание ВВР в неорганизованных местах купания и на пляжах, поступление биогенных элементов (с плоскостным смывом, поверхностным притоком по ручьям и протоке Скеме, а также с купанием). Вытапывание ВВР проявляется до глубины 1,4 м в зонах рекреационных объектов, у автокемпингов,

⁷Якушко О. Ф. Озероведение: география озер Беларуси... 223 с.

⁸Там же.

в местах купания вблизи населенных пунктов и т. д. Наиболее сильно подвержены вытаптыванию погруженные растения – рдест пронзеннолистный и харовые водоросли. Фактическая фосфорная нагрузка на озеро в начале 2000-х гг. составляла $0,05 \text{ кг/м}^2$ в год (допустимый показатель), после создания Национального парка «Нарочанский» она, предположительно, снизилась.

Озеро Глубля. Водоем относится к среднеглубоким. Водосбор озера холмистый, покрытый лесом. Котловина ложбинного типа. По большей части крутые склоны поднимаются на высоту 30–35 м над урезом воды, лишь на востоке имеются низкие заболоченные участки. Ширина литорали не превышает 10–15 м. Сублитораль крутая. Ложе озера отличается простым строением. Точка максимальной глубины несколько смещена к югу от центра водоема. Из-за небольшой площади водосбора озеро характеризуется очень медленным водообменом (более 16 лет). В него впадает протока из оз. Глубелька, из него вытекает протока в р. Страчу.

Водоем является стратифицированным. Температурная стратификация способствует кислородной стратификации. Эпилимнион хорошо насыщен кислородом. В четко сформированном термоклине наблюдается максимальное содержание кислорода. Так, концентрация кислорода в верхнем слое (4 м) в 2018 г. составляла около $9,0 \text{ мг/дм}^3$ (100 % насыщения), в зоне термоклина на глубине 4,5–7,5 м – $10\text{--}13 \text{ мг/дм}^3$ (до 123 % насыщения). Ниже она плавно уменьшалась, глубже 15 м кислород летом отсутствовал. По химическому составу воды относятся к гидрокарбонатному классу кальциево-магниевого группы с общей минерализацией 231 мг/дм^3 , водородным показателем 8,2. Из биогенных элементов обнаружены лишь нитраты с концентрацией $0,2 \text{ мг/дм}^3$. По комплексу показателей озеро характеризуется как слабоэвтрофное.

В составе донных отложений на глубине от 1 до 10–12 м доминируют карбонатные сапропели с содержанием карбоната кальция более 70 %, имеющие густую кашеобразную консистенцию грязно-белого цвета. Ниже ложе выстилают смешанные (кремнеземисто-карбонатные) сапропели с примерно равным содержанием карбоната кальция и кремнезема (30–34 %). В скважине на глубинах до 1,2 м вскрыты сапропели карбонатные, глубже выявлены смешанные сапропели и опесчаненные карбонатные глины.

Озеро слабо зарастает ВВР, что связано с характером рельефа дна. Площадь распространения макрофитов составляет 19 % общей площади водоема, максимальной ширины пояс растительности достигает на участке в юго-западной части озера. Надводные растения, среди которых доминируют тростник (*Phragmites australis* Trin. ex Steud.) и осока (*Carex* sp.), не образуют сплошной полосы, занимая 2,1 % территории. Растения с плавающими листьями встречаются на 0,7 % площади озера, они представлены кубышкой (*Nuphar lutea* (L.) Smith.) и кувшинкой (*Nymphaea candida* J. et C. Presl). Погруженные макрофиты занимают сплошную полосу вдоль побережья и распространяются до глубины 6,7 м. Их основу составляют уруть мутовчатая (*Myriophyllum verticillatum* L.), роголистник темно-зеленый (*Ceratophyllum demersum* L.), различные виды рдестов, в том числе рдест блестящий (*Potamogeton lucens* L.), рдест пронзеннолистный (*P. perfoliatus* L.), рдест волосовидный (*P. trichoides* Cham. et Schltdl.), и харовые водоросли (*Chara* sp.). Также в составе погруженных растений повсеместно присутствуют редкие виды – наяда (*Najas* sp.), водяная сосенка (*Hippuris vulgaris* L.).

На южном берегу оз. Глубля обустроено место отдыха «Грумбинентский пляж», на северо-западном – место отдыха «Срубок», на северном побережье размещено место отдыха «Ольшевский пляж».

Озеро Глубелька. Водоем относится к числу среднеглубоких. Котловина озера эвразийского типа, глубоко врезанная, округлая. Она имеет два залива. Характерной особенностью является сплошная облесенность склонов котловины. Склоны на восточных и северо-западных участках очень крутые, высотой до 35 м. Они совпадают с берегами. На других участках они отступают от уреза воды на 60–80 м. Берега низкие, заболоченные. Ложе озера имеет форму чаши с крутыми подводными склонами. В центре расположен небольшой песчаный остров, покрытый лесом. Морфометрические особенности обуславливают открытость водоема от ветрового перемешивания и стратифицированность водной массы.

Озеро можно отнести к слабопроточным. Оно входит в систему р. Страчи (правого притока р. Вилии), соединяясь с ней протокой через оз. Глубля. В восточной части в водоем впадает небольшой ручей из оз. Ячменек. В приходной части водного баланса ключевую роль играет, по-видимому, подземный приток, а также дождевые и талые снеговые воды. Основная часть расхода – испарение с водной поверхности. Небольшой водосбор отличается крупнохолмистым рельефом, резко расчлененным, со сложным сочетанием холмов и котлообразных впадин, затрудняющих поверхностный сток. Он полностью залесен.

Морфометрические и гидрологические особенности оз. Глубелька сильно сказываются на его гидрхимическом режиме. Температурный скачок на глубине 4–7 м обычно составляет $3 \text{ }^\circ\text{C}$ на 1 м. Гиполимнион в точке максимальной глубины занимает более половины водного слоя. Придонные температуры низкие ($5,1 \text{ }^\circ\text{C}$). Температурной стратификации соответствует содержание кислорода, которое превышает в верхних слоях 100 %, в зоне температурного скачка достигает кислородного максимума (136 %), ниже быстро снижается, а с глубины 10–12 м ощущается запах сероводорода. У дна он становится очень сильным.

Озеру свойственна высокая прозрачность (до 7,3 м). Активная реакция в поверхностном слое слабощелочная, у дна нейтральная. Минерализация воды довольно высокая (230,5 мг/дм³ у поверхности). По составу воды относятся к гидрокарбонатному классу кальциево-магниевого группы. С точки зрения гидрохимических показателей (прозрачности, цветности, низкой окисляемости) озеро характеризуется как мезотрофный водоем. При этом для него типичны колебания температуры и содержания кислорода в вертикальном разрезе, повышенная минерализация и заметное ее увеличение в придонном слое (что подчеркивает значимую роль подземного питания), наличие сероводорода в гипolimнионе, зимний разогрев воды.

Донные отложения отличаются рядом особенностей, которые определяются строением котловины, богатством грунтового питания, направленностью биохимических процессов в водной массе и др. Вследствие полной залесенности водосбора поступление терригенного (песчано-глинистого) материала ограничено, поэтому минеральные донные осадки встречаются на литорали пятнами у крутых берегов. Преобладающим типом отложений, распространенным на глубинах более 7 м в восточном заливе и более 2 м в центральной части озера, является высокоорганический (тонкодетритовый и грубодетритовый) сапропель, содержащий до 50 % органического вещества. Часто встречаются белесые карбонатные сапропели кашеобразной консистенции. Высокая степень карбонатности характерна и для других осадков. Так, в тонкодетритовых сапропелях на глубине 17 м содержание оксида кальция достигает 16,2 %.

Широкое распространение получила ВВР. Полоса надводных макрофитов тянется вдоль всей береговой линии с шириной не более 10 м, а у крутых склонов – менее 1 м с разреженным покровом. Основные представители – тростник (*P. australis* Trin. ex Steud.) и камыш (*Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla), а также охраняемый вид – меч-трава (*Cladium mariscus* (L.) Pohl.). Местами прослеживается узкая полоса растений с плавающими листьями из рдеста плавающего (*P. natans* L.) и кувшинки (*N. candida* J. et C. Presl). Погруженная ВВР образует густые подводные заросли. Их основу составляют уруть мутчатая (*M. verticillatum* L.), рдест блестящий (*P. lucens* L.) и рдест длиннейший (*P. praelongus* Wulf.) и харовые водоросли (*Chara* sp.), среди которых много видов, вегетирующих и в зимнее время. Особенно мощные заросли харовые водоросли образуют в восточном заливе. Глубина их распространения достигает до 7 м. С биологической деятельностью харовых водорослей связано накопление карбонатных осадков.

Неширокой протокой соединено оз. Глубелька с оз. Глубля. В 1923–1930 гг. в целях организации прудового рыбного хозяйства уровень обоих водоемов был повышен примерно на 1 м. В настоящее время уровень оз. Глубелька почти постоянен в течение года. Весь водосборный бассейн озер, относящихся к Болдукской группе озер, входит в состав Национального парка «Нарочанский», поэтому любые работы, способные отразиться на режиме водоемов, запрещены. Допускается только организованная рекреационная деятельность.

Для выполнения типологического картографирования элементарных геохимических ландшафтов исследуемых озер использовались фондовые материалы научно-исследовательской лаборатории озераведения Белорусского государственного университета, данные Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь, литературные источники [8; 9]. В качестве исходной картографической основы были взяты батиметрические схемы озер с сечением изобат 1 м, картосхемы донных осадков, схемы зарастания озер ВВР, в том числе материалы полевых исследований авторов, проведенных в 2018 г. Распространение ВВР в озерах и ее основные свойства (густота и характер зарастания, видовой и ассоциативный состав и др.) изучались по данным дистанционного зондирования Земли (материалам аэрофотосъемки с пространственным разрешением 30 см) и полевых исследований. Картографирование элементарных аквальных ландшафтов выполнялось в геоинформационной среде ArcGIS (версия 10.4).

Результаты и их обсуждение

Результаты типологического картографирования элементарных геохимических ландшафтов исследуемых аквальных систем показаны на рис. 2–4. В целом геохимическая специфика водоемов обусловлена физико-географическими особенностями и современным состоянием систем водосбор – озеро. Условия миграции химических элементов при этом характеризуются пространственно-временной изменчивостью, вызванной локальными чертами элементарных аквальных ландшафтов.

Важная роль в аккумуляции химических элементов принадлежит биогенному фактору. По показателям биомассы и продукции исследуемые элементарные аквальные ландшафты разбиты на два типа – ландшафты планктонных водорослей и ландшафты ВВР разных формаций. Густота произрастания и видовой состав растений в водоемах определяются не только характером донных осадков, но и всей совокупностью морфометрических, гидрохимических, гидробиологических и других особенностей [10]. На уровне семейства (подсемейства) выделены элементарные ландшафты ВВР гелофитной, гелогидрофитной и гидрофитной формаций (с указанием преобладающего вида, в том числе харовых водорослей, не относящихся к ВВР), имеющей сплошной либо прерывистый покров. На рис. 2–4 также показаны места вытаптывания макрофитов на пляжах.

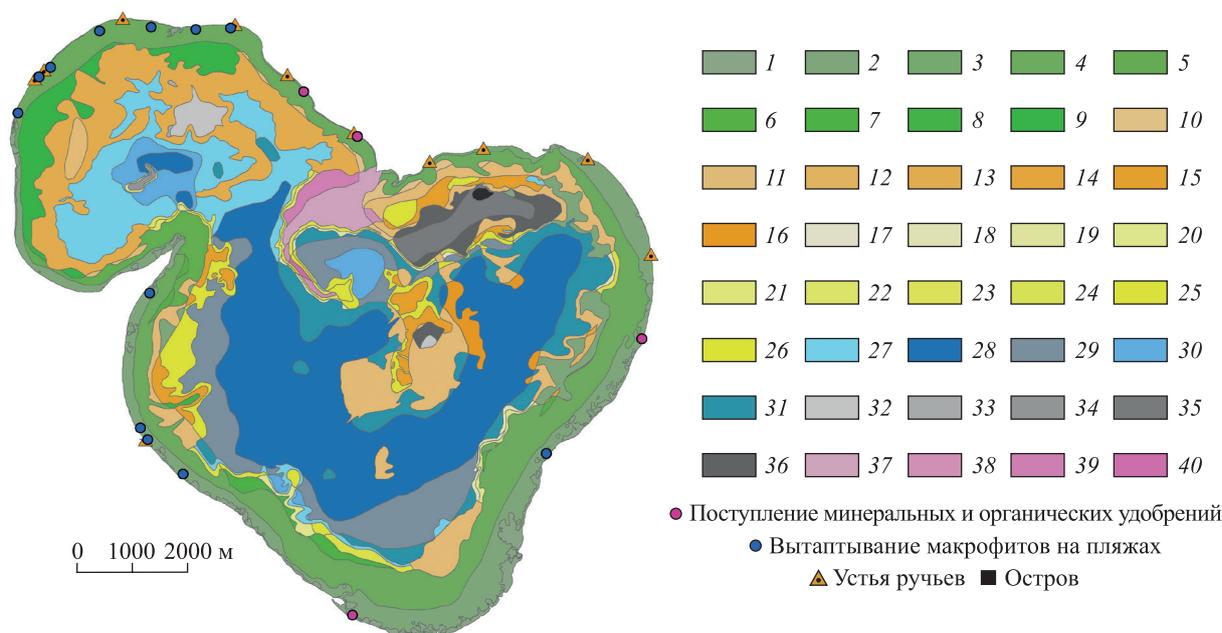


Рис. 2. Элементарные геохимические аквальные ландшафты оз. Нарочь.

Кислородно-гидрокарбонатно-кальциевые ландшафты литорали:

- 1 – трансаккумулятивные со сплошным покровом ВВР (с преобладанием тростника) на песках и песках заиленных; 2 – трансаккумулятивные на песках и песках заиленных;
- 3 – абразионно-аккумулятивные на песках завалуненных;
- 4 – трансаккумулятивные со сплошным покровом ВВР (с преобладанием рдеста пронзеннолистного) на песках, песках завалуненных и заиленных; 5 – трансаккумулятивные со сплошным покровом ВВР (с преобладанием харовых водорослей) на песках заиленных;
- 6 – трансаккумулятивные со сплошным покровом ВВР (с преобладанием рдеста пронзеннолистного) на глинах;
- 7 – трансаккумулятивные на илах глинистых с повышенным содержанием карбонатов;
- 8 – трансаккумулятивные со сплошным покровом ВВР (с преобладанием элодеи) на сапропелях смешанных;
- 9 – трансаккумулятивные со сплошным покровом ВВР (с преобладанием харовых водорослей) на сапропелях карбонатных.

Кислородно-гидрокарбонатно-кальциевые трансаккумулятивные ландшафты сублиторали пологой:

- 10 – с прерывистым покровом ВВР (с преобладанием рдестов) на песках завалуненных; 11 – со сплошным покровом ВВР (с преобладанием рдестов) на песках и песках заиленных; 12 – со сплошным покровом ВВР (с преобладанием рдеста пронзеннолистного) на глинах;
- 13 – со сплошным покровом ВВР (с преобладанием харовых водорослей) на сапропелях карбонатных; 14 – на глинах; 15 – со сплошным покровом ВВР (с преобладанием элодеи) на сапропелях смешанных;
- 16 – на сапропелях кремнеземистых.

Кислородно-гидрокарбонатно-кальциевые трансаккумулятивные ландшафты сублиторали крутой:

- 17 – на глинах; 18 – на песках заиленных; 19 – на песках завалуненных;
- 20 – со сплошным покровом ВВР (с преобладанием рдестов) на илах глинистых с повышенным содержанием карбонатов; 21 – на илах глинистых с повышенным содержанием карбонатов;
- 22 – со сплошным покровом ВВР (с преобладанием харовых водорослей) на сапропелях карбонатных; 23 – на сапропелях карбонатных;
- 24 – со сплошным покровом ВВР (с преобладанием рдестов) на песках заиленных;
- 25 – со сплошным покровом ВВР (с преобладанием рдестов) на сапропелях смешанных;
- 26 – на сапропелях смешанных.

Кислородно-гидрокарбонатно-кальциевые аккумулятивные ландшафты профундали:

- 27 – на сапропелях карбонатных; 28 – на сапропелях кремнеземистых;
- 29 – на сапропелях смешанных; 30 – на илах глинистых с повышенным содержанием карбонатов;
- 31 – на песках и песках заиленных.

- Кислородно-гидрокарбонатно-кальциевые трансаккумулятивные ландшафты мелей:
 32 – со сплошным покровом ВВП (с преобладанием рдестов) на песках;
 33 – с прерывистым покровом ВВП (с преобладанием харовых водорослей) на сапропелях карбонатных;
 34 – с прерывистым покровом ВВП (с преобладанием харовых водорослей)
 на илах глинистых с повышенным содержанием карбонатов;
 35 – с прерывистым покровом ВВП (с преобладанием рдестов) на песках завалуненных;
 36 – с прерывистым покровом ВВП (с преобладанием рдестов)
 на сапропелях кремнеземистых и смешанных.
- Кислородно-гидрокарбонатно-кальциевые ландшафты подводной гряды:
 37 – абразионно-аккумулятивные с прерывистым покровом ВВП (с преобладанием рдестов)
 на песках завалуненных; 38 – трансаккумулятивные со сплошным покровом ВВП
 (с преобладанием рдестов) на песках заиленных; 39 – трансаккумулятивные
 со сплошным покровом ВВП (с преобладанием харовых водорослей) на сапропелях карбонатных;
 40 – трансаккумулятивные со сплошным покровом ВВП (с преобладанием элодеи)
 на сапропелях смешанных

Fig. 2. Elementary geochemical landscapes in Lake Naroch.

Oxygen-hydrocarbonate-calcium landscapes of the littoral zone:

- 1 – transaccumulative with a continuous cover of higher aquatic plants
 (with a predominance of *P. australis* Trin ex Steud.) on sands and silted sands;
 2 – transaccumulative on sands and silted sands;
 3 – abrasion-accumulative on sands filled with rubble; 4 – transaccumulative with a continuous cover
 of higher aquatic plants (with a predominance of *P. perfoliatus* L.) on sands, bouldered and silted sands;
 5 – transaccumulative with a continuous cover of higher aquatic plants
 (with a predominance of *Chara* sp.) on silted sands;
 6 – transaccumulative with a continuous cover of higher aquatic plants
 (with a predominance of *P. perfoliatus* L.) on clays; 7 – transaccumulative
 on clayey silts with a high content of carbonates; 8 – transaccumulative with a continuous cover
 of higher aquatic plants (with a predominance of *Elodea*) on mixed sapropels;
 9 – transaccumulative with a continuous cover of higher aquatic plants
 (with a predominance of *Chara* sp.) on carbonate sapropels.
- Oxygen-hydrocarbonate-calcium transaccumulative landscapes of the gently sloping sublittoral:
 10 – with intermittent cover of higher aquatic plants
 (with a predominance of *Potamogeton*) on bouldered sands; 11 – with a continuous cover
 of higher aquatic plants (with a predominance of *Potamogeton*) on sands and silted sands;
 12 – with a continuous cover of higher aquatic plants (with a predominance of *Potamogeton*) on clays;
 13 – with a continuous cover of higher aquatic plants (with a predominance of *Chara* sp.)
 on carbonate sapropels; 14 – on clays; 15 – with a continuous cover
 of higher aquatic plants (with a predominance of *Elodea*) on mixed sapropels; 16 – on siliceous sapropels.
- Oxygen-hydrocarbonate-calcium transaccumulative landscapes of the steep sublittoral:
 17 – on clays; 18 – on silted sands; 19 – on sands littered with rocks;
 20 – with a continuous cover of higher aquatic plants (with a predominance of *Potamogeton*)
 on clayey silts with a high content of carbonates; 21 – on clayey silts
 with a high content of carbonates; 22 – with a continuous cover of higher aquatic plants
 (with a predominance of *Chara* sp.) on carbonate sapropels; 23 – on carbonate sapropels;
 24 – with a continuous cover of higher aquatic plants (with a predominance of *Potamogeton*)
 on silted sands; 25 – with a continuous cover of higher aquatic plants
 (with a predominance of *Potamogeton*) on mixed sapropels; 26 – on mixed sapropels.
- Oxygen-hydrocarbonate-calcium accumulative landscapes of the profundal:
 27 – on carbonate sapropels; 28 – on siliceous sapropels;
 29 – on mixed sapropels; 30 – on clayey silts
 with a high content of carbonates; 31 – on sands and silted sands.
- Oxygen-hydrocarbonate-calcium transaccumulative landscapes of shoals:
 32 – with a continuous cover of higher aquatic plants
 (with a predominance of *Potamogeton*) on sands;
 33 – with an intermittent cover of higher aquatic plants (with a predominance of *Chara* sp.)
 on carbonate sapropels; 34 – with an intermittent cover of higher aquatic plants
 (with a predominance of *Chara* sp.) on clayey silts with a high content of carbonates;
 35 – with intermittent higher aquatic plants cover (with a predominance of *Potamogeton*)
 on bouldered sands; 36 – with an intermittent cover of higher aquatic plants
 (with a predominance of *Potamogeton*) on siliceous and mixed sapropels.
- Oxygen-hydrocarbonate-calcium landscapes of the underwater ridge:
 37 – abrasion-accumulative with intermittent higher aquatic plants cover
 (with a predominance of *Potamogeton*) on bouldered sands; 38 – transaccumulative
 with a continuous cover of higher aquatic plants (with a predominance of *Potamogeton*)
 on silted sands; 39 – transaccumulative with a continuous cover of higher aquatic plants
 (with a predominance of *Chara* sp.) on carbonate sapropels;
 40 – transaccumulative with a continuous cover of higher aquatic plants
 (with a predominance of *Elodea*) on mixed sapropels

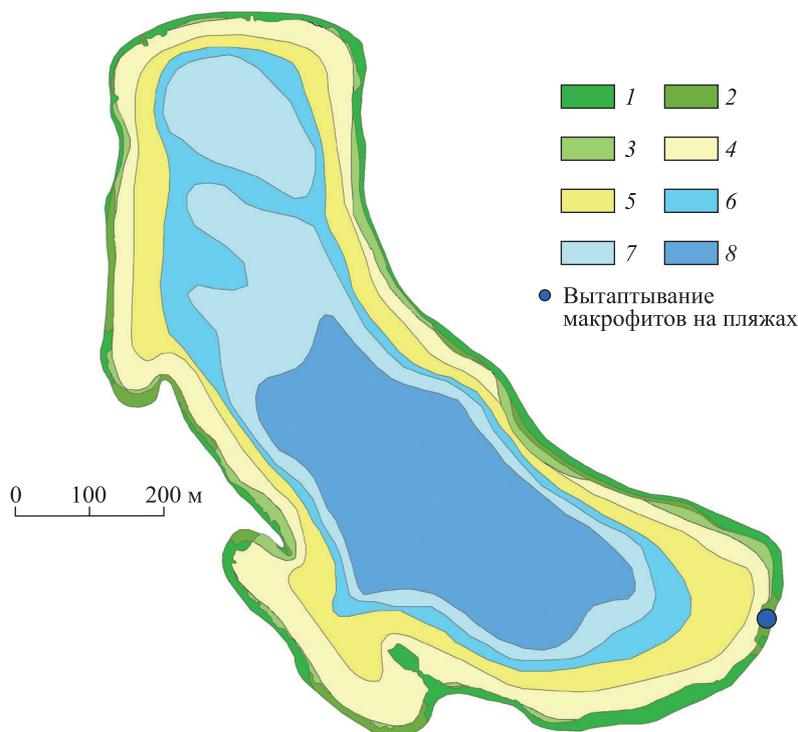


Рис. 3. Элементарные геохимические аквальные ландшафты оз. Глубля.

Кислородно-гидрокарбонатно-кальциевые трансаккумулятивные ландшафты литорали:

- 1 – со сплошным покровом ВВР (с преобладанием тростника) на песках и песках с известняками озерными;
- 2 – со сплошным покровом ВВР (с преобладанием роголистника темно-зеленого) на песках и песках с известняками озерными;
- 3 – со сплошным покровом ВВР (с преобладанием урути мутовчатой) на песках и песках с известняками озерными.

Кислородно-гидрокарбонатно-кальциевые трансаккумулятивные ландшафты сублиторали крутой:

- 4 – со сплошным покровом ВВР (с преобладанием харовых водорослей) на сапропелях карбонатных и сапропелях карбонатных с ракушками;
- 5 – на сапропелях карбонатных и сапропелях карбонатных с ракушками.

Кислородно-гидрокарбонатно-кальциевые аккумулятивные ландшафты профундали:

- 6 – на сапропелях карбонатных; 7 – на сапропелях смешанных.
- Кислородно-гидрокарбонатно-кальциево-глеевые аккумулятивные ландшафты профундали:
- 8 – на сапропелях смешанных.

Fig. 3. Elementary geochemical landscapes in Lake Glublya.

Oxygen-hydrocarbonate-calcium transaccumulative landscapes of the littoral zone:

- 1 – with a continuous cover of higher aquatic plants (with a predominance of *P. australis* Trin. ex Steud.) on sands and sands with lacustrine limestones;
- 2 – with a continuous cover of higher aquatic plants (with a predominance of *C. demersum* L.) on sands and sands with lacustrine limestones;
- 3 – with a continuous cover of higher aquatic plants (with a predominance of *M. verticillatum* L.) on sands and sands with lacustrine limestones.

Oxygen-hydrocarbonate-calcium transaccumulative landscapes of the steep sublittoral:

- 4 – with a continuous cover of higher aquatic plants (with a predominance of *Chara* sp.) on carbonate sapropels and carbonate sapropels with shells; 5 – on carbonate sapropels and carbonate sapropels with shells.

Oxygen-hydrocarbonate-calcium accumulative landscapes of the profundal:

- 6 – on carbonate sapropels; 7 – on mixed sapropels.
- Oxygen-hydrocarbonate-calcium-gley accumulative landscapes of the profundal:
- 8 – on mixed sapropels

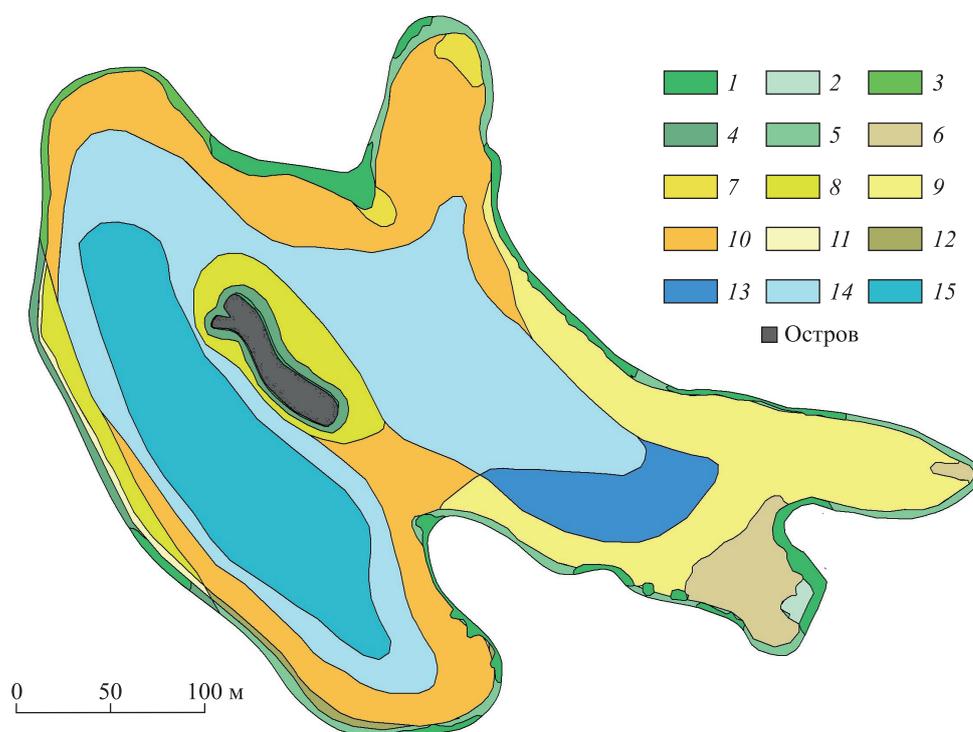


Рис. 4. Элементарные геохимические аквальные ландшафты оз. Глубелька.
 Кислородно-гидрокарбонатно-кальциевые трансаккумулятивные ландшафты литорали:
 1 – со сплошным покровом ВВП (с преобладанием тростника и осоки) на песках;
 2 – со сплошным покровом ВВП (с преобладанием кувшинки) на сапропелях карбонатных и известняках озерных;
 3 – со сплошным покровом ВВП (с преобладанием харовых водорослей) на сапропелях карбонатных и известняках озерных;
 4 – на сапропелях грубодетритовых; 5 – на сапропелях карбонатных.
 Кислородно-гидрокарбонатно-кальциевые трансаккумулятивные ландшафты сублиторали крутой:
 6 – со сплошным покровом ВВП (с преобладанием кувшинки) на сапропелях карбонатных; 7 – со сплошным покровом ВВП (с преобладанием рдестов) на сапропелях грубодетритовых; 8 – со сплошным покровом ВВП (с преобладанием харовых водорослей) на сапропелях карбонатных;
 9 – со сплошным покровом ВВП (с преобладанием харовых водорослей) на сапропелях карбонатных;
 10 – со сплошным покровом ВВП (с преобладанием харовых водорослей) на известняках озерных; 11 – на сапропелях грубодетритовых; 12 – на сапропелях карбонатных.
 Кислородно-гидрокарбонатно-кальциевые аккумулятивные ландшафты профундали:
 13 – на сапропелях карбонатных; 14 – на сапропелях карбонатных и известняках озерных.
 Кислородно-гидрокарбонатно-кальциево-сероводородные аккумулятивные ландшафты профундали:
 15 – на сапропелях карбонатных

Fig. 4. Elementary geochemical landscapes in Lake Glubelka.
 Oxygen-hydrocarbonate-calcium transaccumulative landscapes of the littoral zone:
 1 – with a continuous cover of higher aquatic plants (with a predominance of *P. australis* Trin. ex Steud. and *Carex* sp.) on sands; 2 – with a continuous cover of higher aquatic plants (with a predominance of *N. candida* J. et C. Presl) on carbonate sapropels and lacustrine limestones; 3 – with a continuous cover of higher aquatic plants (with a predominance of *Chara* sp.) on carbonate sapropels and lacustrine limestones; 4 – on coarse detrital sapropels; 5 – on carbonate sapropels.
 Oxygen-hydrocarbonate-calcium transaccumulative landscapes of the steep subtidal:
 6 – with a continuous cover of higher aquatic plants (with a predominance of *N. candida* J. et C. Presl) on carbonate sapropels; 7 – with a continuous cover of higher aquatic plants (with a predominance of *N. candida* J. et C. Presl) on lacustrine limestones; 8 – with a continuous cover of higher aquatic plants (with a predominance of *Potamogeton*) on coarse detrital sapropels; 9 – with a continuous cover of higher aquatic plants (with a predominance of *Chara* sp.) on carbonate sapropels; 10 – with a continuous cover of higher aquatic plants (with a predominance of *Chara* sp.) on lacustrine limestones; 11 – on coarse detrital sapropels; 12 – on carbonate sapropels.
 Oxygen-hydrocarbonate-calcium accumulative profundal landscapes:
 13 – on carbonate sapropels; 14 – on carbonate sapropels and lacustrine limestones.
 Oxygen-hydrocarbonate-calcium-sulphurous accumulative landscapes of profundal:
 15 – on carbonate sapropels

Классы элементарных ландшафтов определены с учетом показателей окислительно-восстановительных и щелочно-кислотных условий, содержания растворенного кислорода, типоморфных химических элементов с опорой на подходы А. Д. Хованского. По набору классов в исследуемых озерах наблюдаются некоторые различия. Так, все элементарные ландшафты оз. Нарочь отнесены к кислородно-гидрокарбонатно-кальциевому классу, поскольку большая часть водной массы отличается высоким кислородным насыщением и комплексом окислительных условий, в ней отсутствует температурное расслоение. В аквальной системе оз. Глубля наряду с ландшафтами кислородно-гидрокарбонатно-кальциевого класса (занимают 76,6 % площади акватории в основном в литорали и сублиторали, а также частично в профундали с глубинами менее 15 м) выделены ландшафты кислородно-гидрокарбонатно-кальциево-глеевого класса (23,4 % площади озера) в связи с формированием зоны аноксии в гипolimнионе и оглеением илов глубоководной профундали. Элементарные ландшафты оз. Глубелька отнесены к кислородно-гидрокарбонатно-кальциевому (85 % акватории) и кислородно-гидрокарбонатно-кальциево-сероводородному (15 % площади озера) классам по причине образования начиная с глубины 10–12 м в придонных водах и илах восстановительной сероводородной обстановки.

На уровне рода элементарные ландшафты исследуемых озер объединены в зависимости от геоморфологических особенностей, в значительной степени определяющих механическую миграцию элементов и их соединений. Выделены абразионно-аккумулятивные ландшафты литорали, трансаккумулятивные ландшафты литорали, сублиторали пологой и крутой, мелей и подводных гряд, аккумулятивные ландшафты профундали.

Виды элементарных ландшафтов озер Нарочь, Глубля и Глубелька отражают литологические особенности донных отложений водоемов. Они представлены песками завалуненными и заиленными, илами опесчаненными и глинистыми с повышенным содержанием карбонатов, глинами и сапропелями карбонатными, кремнеземистыми и смешанными.

Как видно из рис. 2, в литоральной зоне оз. Нарочь распространены в основном трансаккумулятивные ландшафты со сплошным покровом ВВР (с преобладанием рдеста пронзеннолистного) на песках, песках завалуненных и заиленных (10 км², или 12,6 %, площади акватории). Наибольшей мозаичностью отличаются трансаккумулятивные ландшафты сублиторали, где резко меняются глубины, литология донных отложений и видовой состав растительности. На подводной гряде, кроме трансаккумулятивных ландшафтов, представлены абразионно-аккумулятивные ландшафты с прерывистым покровом ВВР (с преобладанием рдестов) на песках завалуненных. В профундали озера доминируют аккумулятивные ландшафты на сапропелях кремнеземистых (16,2 км², или 20,4 %, площади акватории).

В оз. Глубля трансаккумулятивные ландшафты литорали со сплошным покровом ВВР на песках и песках с известняками озерными вытянуты узкой полосой вдоль берега. Они занимают глубины от уреза до 1,0–1,5 м. Трансаккумулятивные ландшафты сублиторали крутой на сапропелях карбонатных только в верхней части склонов (до глубины 6,7 м) имеют сплошной покров ВВР. Аккумулятивные ландшафты профундали озера развиваются на сапропелях карбонатных и смешанных, оглеенных на глубоководном участке (см. рис. 3).

Трансаккумулятивные ландшафты литорали и крутой сублиторали оз. Глубелька развиваются преимущественно на сапропелях карбонатных и известняках озерных со сплошным покровом ВВР с преобладанием кувшинки, харовых водорослей (см. рис. 4). Аккумулятивные ландшафты глубоководного участка профундали на сапропелях карбонатных отнесены к кислородно-гидрокарбонатно-кальциево-сероводородному классу из-за наличия сероводородной обстановки в гипolimнионе.

Систематизированные по подобной схеме элементарные ландшафты озер в разной степени подвержены трансформациям под влиянием антропогенного воздействия. Ландшафты литорали со сплошным покровом ВВР эффективно задерживают механическое поступление вещества в водоем, накапливают в тканях растений химические соединения. Прибрежное вытаптывание макрофитов, заиление донных осадков, фосфорная нагрузка в пределах рекреационных зон оз. Нарочь приводят к снижению барьерных возможностей ландшафтов литорали. Антропогенная нагрузка на ландшафты сублиторали может способствовать сокращению биомассы макрофитов, изменению видового состава растительности, подобное воздействие на ландшафты профундали – уменьшению прозрачности воды, увеличению биомассы фитопланктона, формированию восстановительных условий донных илов.

Заключение

Результатом проведенной типологии стало выделение 40 видов элементарных геохимических ландшафтов оз. Нарочь, 8 видов элементарных геохимических ландшафтов оз. Глубля и 15 видов элементарных геохимических ландшафтов оз. Глубелька. Их разнообразие определяется формой озерной котловины, строением ее подводной части, литологией донных осадков, распределением в водах и илах типоморфных химических элементов, а также видовым составом и продуктивностью растительных сообществ.

Полученные типологические картосхемы могут быть использованы в качестве комплексной картографической основы при проведении оценки антропогенной нагрузки на водоемы, определении зон накопления техногенных веществ, прогнозировании изменений состояния и уязвимости аквальных систем озер Национального парка «Нарочанский».

Библиографические ссылки

1. Полынов ББ. *Избранные труды*. Тюрин ИВ, Сауков АА, редакторы. Москва: Издательство АН СССР; 1956. 751 с.
2. Хованский АД. *Геохимия аквальных ландшафтов*. Войткевич ГВ, редактор. Ростов-на-Дону: Издательство Ростовского университета; 1993. 240 с.
3. Касимов НС, Касатенкова МС, Ткаченко АН, Лычагин МЮ, Крооненберг СБ. *Геохимия лагунно-маршевых и дельтовых ландшафтов Прикаспия*. Москва: Лига-Вент; 2016. 244 с. EDN: YWJBLV.
4. Лычагин МЮ, Касимов НС, Курьякова АН, Крооненберг СБ. Геохимические особенности аквальных ландшафтов дельты Волги. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2011;1:100–113. EDN: NSYGCB.
5. Россолимо ЛЛ. Основы типизации озер и лимнологического районирования. В: Россолимо ЛЛ, редактор. *Накопление вещества в озерах*. Москва: Наука; 1964. с. 5–46.
6. Якушко ОФ. *Белорусское Поозерье: история развития и современное состояние озер северной Белоруссии*. Минск: Вышэйшая школа; 1971. 335 с.
7. Гигевич ГС, Власов БП, Вынаев ГВ. *Высшие водные растения Беларуси: эколого-биологическая характеристика, использование и охрана*. Минск: БГУ; 2001. 236 с.
8. Курзо БВ, Гайдукевич ОМ, Ситник ГД, Кашицкий ЭС. Анализ состояния экосистемы озера Нарочь по донным осадкам для решения проблем природопользования. В: Хомич ВС, редактор. *Природопользование: экология, экономика, технологии. Материалы Международной научной конференции; 6–8 октября 2010 г.; Минск, Беларусь*. Минск: Минсктиппроект; 2010. с. 151–154.
9. Власов БП, Грищенко НД, Сивенков АЮ, Суховило НЮ, Колбун ДА. Оценка современного состояния и динамики зарастания озер Национального парка «Нарочанский» с использованием данных дистанционного зондирования Земли. *Acta Geographica Silesiana*. 2019;13(4):39–55. EDN: EXYOCH.
10. Якушко ОФ. Принципы выделения и классификация аквальных ландшафтов. *Вестник БГУ. Серия 2, Химия. Биология. География*. 1986;1:53–58.

References

1. Polynov BB. *Izbrannye trudy* [Selected works]. Tyurin IV, Saukov AA, editors. Moscow: Izdatel'stvo AN SSSR; 1956. 751 p. Russian.
2. Khovanskii AD. *Geokhimiya akval'nykh landshaftov* [Geochemistry of aquatic landscapes]. Voitkevich GV, editor. Rostov-on-Don: Izdatel'stvo Rostovskogo universiteta; 1993. 240 p. Russian.
3. Kasimov NS, Kasatenkova MS, Tkachenko AN, Lychagin MYu, Kroonenberg SB. *Geokhimiya lagunno-marshevykh i del'tovykh landshaftov Prikaspiya* [Geochemistry of lagoon-marsh and delta landscapes of the Caspian Region]. Moscow: Liga-Vent; 2016. 244 p. Russian. EDN: YWJBLV.
4. Lychagin MYu, Kasimov NS, Kuryakova AN, Kroonenberg SB. Geochemical specific features of aquatic landscape of the mouth delta of the Volga River. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 2011;1:100–113. Russian. EDN: NSYGCB.
5. Rossolimo LL. [Fundamentals of lake typification and limnological zoning]. In: Rossolimo LL, editor. *Nakoplenie veshchestva v ozerakh* [Accumulation of matter in lakes]. Moscow: Nauka; 1964. p. 5–46. Russian.
6. Yakushko OF. *Belorusskoe Poozer'e: istoriya razvitiya i sovremennoe sostoyanie ozer severnoi Belorussii* [Belarusian Poozerye: history of development and current state of lakes in Northern Belarus]. Minsk: Vyshhejskaja shkola; 1971. 335 p. Russian.
7. Gigevich GS, Vlasov BP, Vynaev GV. *Vysshie vodnye rasteniya Belarusi: ekologo-biologicheskaya kharakteristika, ispol'zovanie i okhrana* [Higher aquatic plants of Belarus: ecological and biological characteristics, use and protection]. Minsk: Publishing house of the Belarusian State University; 2001. 236 p. Russian.
8. Kurzo BV, Gaidukevich OM, Sitnik GD, Kashitskii ES. [Analysis of the state of the Lake Naroch ecosystem based on bottom sediments to solve environmental management problems]. In: Khomich VS, editor. *Prirodopol'zovanie: ekologiya, ekonomika, tekhnologii. Materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii; 6–8 oktyabrya 2010 g.; Minsk, Belarus'* [Environmental management: ecology, economics, technology. Proceedings of the International scientific conference; 2010 October 6–8; Minsk, Belarus]. Minsk: Minsktipproekt; 2010. p. 151–154. Russian.
9. Vlasov BP, Grishchenkova ND, Sivenkov AYu, Sukhovilo NYu, Kolbun DA. Assessment of the current state and dynamics of overgrowing of lakes in National Park «Narochansky» using remote sensing data. *Acta Geographica Silesiana*. 2019;13(4):39–55. Russian. EDN: EXYOCH.
10. Yakushko OF. [Principles of identification and classification of aquatic landscapes]. *Vestnik BGU. Seriya 2, Khimiya. Biologiya. Geografiya*. 1986;1:53–58. Russian.

Получена 20.12.2023 / исправлена 28.02.2024 / принята 04.03.2024.
Received 20.12.2023 / revised 28.02.2024 / accepted 04.03.2024.