

территории, характеризующиеся высокими величинами TWI, могли оказаться бессточными понижениями для проверки наличия стока воды с этих участков в реки и выделения участков наибольшего накопления стока на основе ЦМР с использованием модели Flow Accumulation была создана карта суммарного стока (FA).

Основные исследования проводились на модельной территории г. Улан-Удэ, являющегося одним из основных загрязнителей вод р. Селенги и оз. Байкал. Идентификация HSA производилась путем взаимного наложения карт пространственного распределения величин TWI и участков максимального FA. В качестве истинных HSA были идентифицированы те участки предварительно установленных HSA, контуры которых располагаются в пределах участков поверхности с максимальным FA, т. е. находятся на пути наиболее интенсивных временных водных потоков. Правильность идентификации HSA, проведенная в ходе выполнения дальнейших полевых работ, была подтверждена во всех случаях. Так как условием формирования критических территорий-источников (CSA) является совпадение зоны действия источника загрязнения с HSA, составленная для выделения CSA карта производственных объектов (РПО) была наложена на карту распределения HSA, и фрагменты HSA в границах РПО были идентифицированы как CSA. Корректность выделения CSA подтверждена результатами оценки уровня загрязнения почв г. Улан-Удэ.

В дальнейшем предполагается классифицировать геосистемы по уровню их пространственной организации и регулирования качества поверхностных вод.

*Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ госрегистрации тем АААА-А21-121012190059-5, АААА-А21-121032300199-9).*

УДК 556

**Н. Ю. СУХОВИЛО**

Беларусь, Минск, БГУ

E-mail: SukhoviloNY@bsu.by

## **ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОЗЕРА ГЛУБОКОЕ (ПОЛОЦКИЙ РАЙОН, ВИТЕБСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

**Введение.** Среди многообразия различных типов озер, различающихся как строением котловин, гидрологическим режимом, химическим составом вод, так и уровнем продуцирования, выделяются озера, имеющие низкую продуктивность и специфические черты азонального характера:

малые размеры, гидрологическую замкнутость, обусловленную водораздельным положением, наличие небольших верховых болот на водосборах, низкую минерализацию и активную реакцию воды. Одним из таких озер является оз. Глубокое, расположенное в Полоцком районе Витебской области.

**Материалы и методы.** Озеро Глубокое расположено в Полоцком районе Витебской области, в 47 км на северо-восток от г. Полоцка, в 6 км на восток от д. Малое Ситно. Озеро входит в систему р. Полоты правого притока Западной Двины. Площадь зеркала составляет 0,42 км<sup>2</sup>, объем воды – 2,20 млн м<sup>3</sup>, максимальная глубина – 11,5 м [1; 2]. Озеро расположено на территории республиканского гидрологического заказника «Глубокое – Большое Островито» и является местом произрастания охраняемого вида – полушника озерного. Карта глубин водоема приведена на рисунке 1.

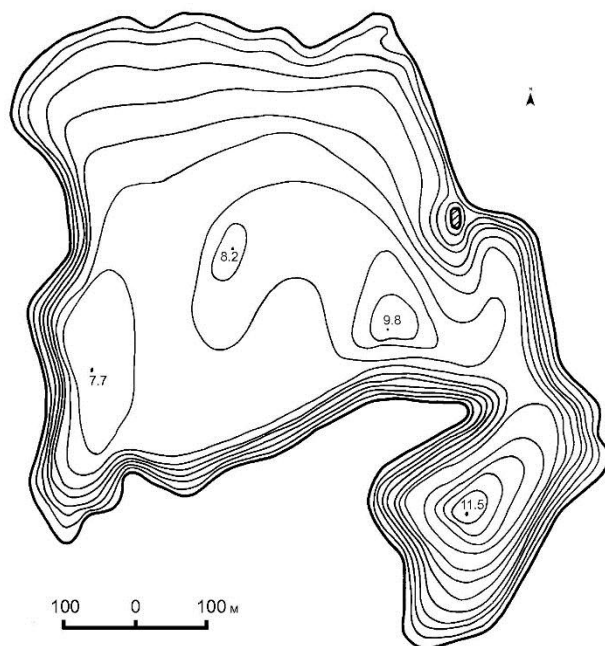


Рисунок 1 – Батиметрическая карта озера Глубокое [1]

Впервые оз. Глубокое обследовано научно-исследовательской лабораторией озероведения БГУ в 1977 г. Материалы первого полевого, а также последующих обследований озера послужили информационной основой данного исследования. Определение концентрации растворенных веществ ранее производилось по общепринятым методикам, в настоящее время для этого применяется фотометрический метод.

**Результаты и их обсуждение.** Пробы воды в летний период в оз. Глубокое с последующим изучением его гидрохимического режима

проводились в 1977, 2002, 2011, 2022 и 2023 гг. Из-за значительной укрытости котловины в водоеме формируется температурная стратификация с перепадом температур по глубине летом 2023 г. около 14,4 °С. Кислородная стратификация в различные годы выражена по-разному: в 2023 г. максимальное кислородное насыщение отмечалось на глубине 2 м (92 %), ко дну оно падало до 54 % (6,3 мг/дм<sup>3</sup>), в 2022 г. процент насыщения кислорода у дна опустился до 32 % насыщения или 3,6 мг/дм<sup>3</sup>.

За прошедшие 45 лет происходили сильные колебания химического состава озера, как показано на рисунках 2 и 3. Озеро является одним из наиболее слабоминерализованных. Минерализация воды в озере изменяется в пределах от 8,2 до 31,4 мг/дм<sup>3</sup>.

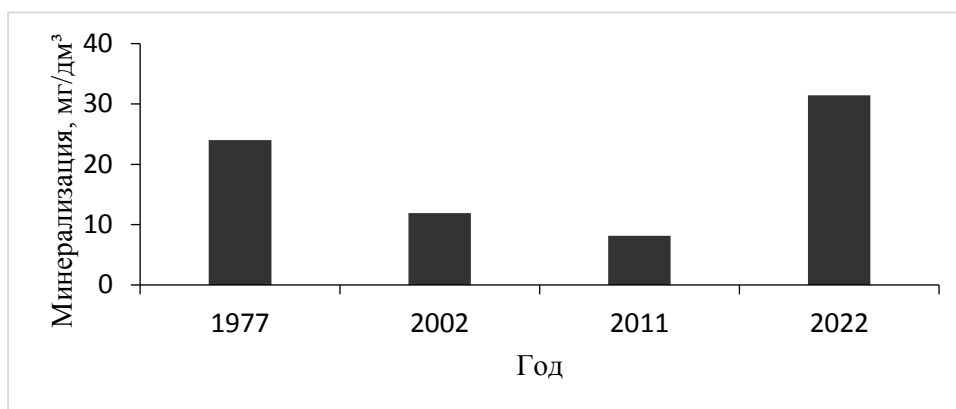


Рисунок 2 – Динамика минерализации воды в поверхностном слое оз. Глубокое в 1977–2022 гг.

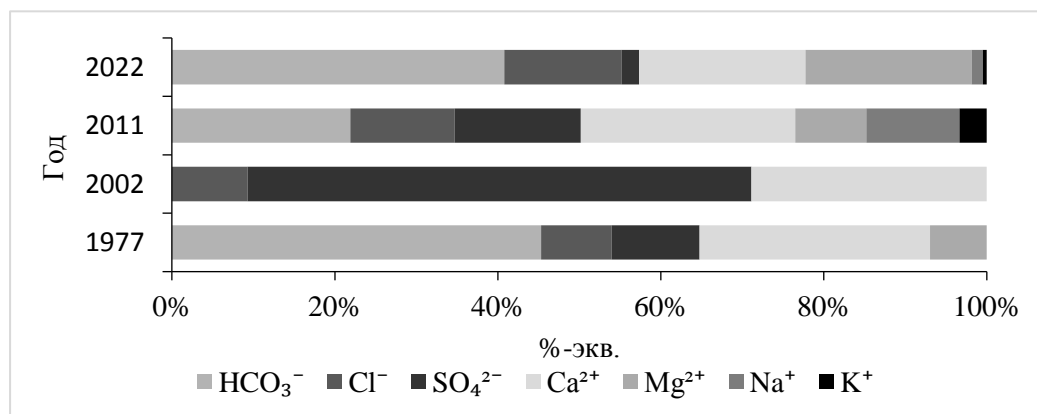


Рисунок 3 – Динамика соотношения между главными ионами в воде оз. Глубокое в 1977–2022 гг.

На фоне колебания минерализации воды изменялся и ее состав. В 1977 г. его можно было охарактеризовать как гидрокарбонатно-кальциевый с долей ионов HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 45,3 %-экв., кальция – 28,3 %-экв.

В 2002 г. был отмечен переход в сульфатный класс кальциевой группы с долей сульфатов в 61,8 %-экв. и неизменным относительным содержанием ионов кальция. В то же время полное отсутствие гидрокарбонат-иона может быть результатом его распада.

В 2011 г. в воде озера снова преобладали зональные ионы гидрокарбонатов и кальция, но относительное содержание других главных ионов было высоким. Повышенная доля ионов натрия (11,4 %-экв.) и хлоридов (12,83 %-экв.) может быть обусловлена их поступлением с атмосферными осадками из окрестностей г. Полоцка и Новополоцка и промышленных предприятий, а также в летний период от купающихся.

В 2022 г. среди анионов преобладали гидрокарбонаты, среди катионов на долю ионов кальция и магния приходится по 20,4–20,5 %-экв. На долю натрия и калия приходится менее 2 %-экв.

Содержание биогенных элементов в воде также претерпело изменения. Концентрация нитратов в водоеме за 45 лет увеличилась с 0 до 0,1 мг/дм<sup>3</sup>. Содержание нитрит- и аммоний-ионов в воде достигало максимума в 2002 г. В настоящее время оно находится ниже порога определения, что свидетельствует об активности окислительных процессов в водоеме. Концентрация фосфатов была наиболее высокой в 1977 г. (0,005 мг/дм<sup>3</sup>), с 2011 г. она равна нулю. Это может быть связано с потреблением биогенных элементов фитоперифитом и макрофитами.

На фоне повышения минерализации воды и концентрации биогенных элементов происходит снижение прозрачности воды. Если летом 1977 г. она достигала 9,5 м (максимальная среди озер Беларуси), то в 2021 г. она снизилась до 7 м (данные В. В. Вежновца), в 2022 – до 6–6,5 м, в 2023 – до 5,3 м. В последнем случае это можно объяснить жаркой антицикло-ческой погодой в период полевого обследования с температурой воздуха свыше +30 °С. Цветность воды остается низкой – в пределах 4°–10°.

Низкий водородный показатель, изменяющийся от 4,1 до 5,5, позволяет отнести озеро к типичным ацидотрофным водоемам.

**Заключение.** Рост минерализации воды, содержания нитратов, снижение прозрачности свидетельствуют об ухудшении экологического состояния водоема, происходящем не только из-за роста температуры воздуха и воды, но и по причине роста антропогенной нагрузки. В последние годы отмечается увеличение потока отдыхающих и туристов, однако на берегах озера не созданы условия для их размещения. Туристические стоянки на оз. Глубокое не оборудованы водонепроницаемыми выгребными ямами. Недостаточная информированность населения приводит к тому, что мытье посуды и гигиенические процедуры с использованием синтетических поверхностно-активных веществ осуществляются непосредственно в озерах.

Для предотвращения ухудшения гидрохимического режима озера необходимо соблюдение режима охраны с ограничением потока отдыхающих, вводом запрета на мытье посуды в озере, оборудованием водонепроницаемых выгребных ям и установкой контейнеров для сбора отходов.

*Исследования выполняются при финансовой поддержке БРФФИ (проект № X22M-069).*

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комплексное лимнологическое обследование озерных водоемов Белоруссии : отчет о НИР (промежут.) ; рук. О. Ф. Якушко. – Минск : БГУ, 1977. – ХД-ЛОЗ-671717.

2. Озера Беларуси : справочник / Б. П. Власов [и др.]. – Минск : БГУ, 2004. – 284 с.

3. Проведение наблюдений за ресурсами водной растительности, а также за средой ее произрастания : отчет о НИР ; рук. Б. П. Власов. – Минск : БГУ, 2014. – № ГР 20164690.

4. Уязвимость экосистем кислототрофных озер Беларуси – мест обитания охраняемых видов флоры и фауны – к климатическим изменениям : отчет о НИР (промежут.) ; рук. Н. Ю. Суховило. – Минск : БГУ, 2023. – 76 с. – № ГР 20221196.

УДК 911.3

**В. Н. ФЕДОРКО**

Узбекистан, Ташкент, СОШ № 233

E-mail: viktor-f-89@mail.ru

#### **ТРАНСГРАНИЧНЫЕ РЕГИОНЫ В ГЕОГРАФИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ**

Центральная Азия представляет собой крупный самобытный регион в центре Евразии, объединяющий пять постсоветских государств – Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан, Узбекистан, которые интегрированы в общее географическое пространство многообразными связями ландшафтного, ресурсно-экологического, историко-политического, социально-экономического, этнорелигиозного и культурно-гуманитарного характера. При этом Республика Узбекистан занимает узловое, срединное экономико-географическое и геополитическое положение в регионе, имея протяженные участки государственной границы со всеми остальными странами Центральной Азии, а также с Афганистаном,