

УДК:912.644:4; 550.84:631.42

## **ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ БАТИМЕТРИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОЗЕР ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГРУППЫ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «СЕБЕЖСКИЙ»**

***Хохряков В.Р.<sup>1)</sup>, Зеленковский П.С.<sup>2)</sup>, Белая Н.А.<sup>2)</sup>, Горбунова А.В.<sup>2)</sup>, Богданов Т.В.<sup>2)</sup>, Понамарчук Т.В.<sup>2)</sup>***

*<sup>1)</sup> ФГБУ «Национальный парк «Себежский», Россия, г. Себеж, khokhryakovu@yandex.ru*

*<sup>2)</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, georavel@yandex.ru*

В статье впервые приводятся результаты батиметрического картографирования дна, расчетов основных параметров котловин основных озер национального парка «Себежский» (Россия, Псковская область) и первые результаты геохимических исследований их донных отложений.

*Ключевые слова:* национальный парк «Себежский»; озера; батиметрия; донные отложения; загрязняющие вещества; тяжелые металлы.

## **THE RESULTS OF BATHYMETRIC AND GEOCHEMICAL STUDIES OF LAKES OF THE CENTRAL GROUP OF THE NATIONAL PARK «SEBEZHISKY»**

***Khokhryakov V.R.<sup>1)</sup>, Zelenkovsky P.S.<sup>2)</sup>, Belaya N.A.<sup>2)</sup>, Gorbunova A.V.<sup>2)</sup>, Bogdanov.T.V.<sup>2)</sup>, Ponamarchuk T.V.<sup>2)</sup>***

*1) «Sebezhsy National Park», Russia, Sebez, khokhryakovu@yandex.ru*

*2) St. Petersburg State University, St. Petersburg,*

The article presents for the first time the results of bathymetric mapping of the bottom, calculations of the main parameters of the basins of the main lakes of the Sebezhsy National Park (Russia, Pskov region) and the first results of geochemical studies of their bottom sediments.

*Keywords:* Sebezhsy National Park; lakes; bathymetry; bottom sediments; pollutants; heavy metals.

В период 2021 – 2023 гг. нами проведены исследования в национальном парке «Себежский», который располагается на юго-запад Псковской области на границе с Беларусью и Латвией. Парк образован 8 января 1996 года. Площадь национального парка составляет 51081 гектар, на данной территории располагается 115 озер, ледникового происхождения. Территория Национального парка «Себежский» находится на водоразделе рек Западная Двина и Великая.

**Объект исследования.** Озёра Себежское, Ороно, Витятерево, Глыбочно, Белое, Озерявки и Нечерица. Все исследованные озера ледникового происхождения, объединены в единую сеть протоками и относятся к бассейну р. Западная Двина, через р. Свольня соединяются с оз. Лисно (Беларусь).

На берегу озер Себежское и Ороно находится город Себеж. В Себеже располагаются предприятия МУП «Райводоканал», МУП Себежского района «Теплоэнергия» и проходит автомобильная дорога вдоль береговой линии озера Ороно.

Расположение озёр в селитебной зоне обуславливает необходимость повышенного внимания к экологическому состоянию водоемов. Донные отложения являются местом депонирования, где могут аккумулироваться различные поллютанты. Как следствие их изучение позволяет получить интегральную оценку состояния исследуемых озер и их водосборной площади [1,2].

Батиметрическое картографирование проводилось с моторной лодки с использованием однолучевого эхолота GARMIN Fichfinder 400C, получение данных геопространственной привязка точек измерения глубин и контроль параллельности треков съемки проводилась с использованием навигатора GARMIN GPSMAP 66sr. Обработка материалов съемки и построение картосхем проводилась путем интерполяции точек глубин с использованием СПО аппаратно-программный комплексов «РЕКОД-ЭХОЛОТ-ОБРАБОТКА» и ГИС «НЕВА» (рис.1). В программной среде ГИС «НЕВА» произведена оцифровка изобат и расчет длин изолиний и площадей между соответствующими изобатами, вычисление основных параметров котловин исследуемых озер.

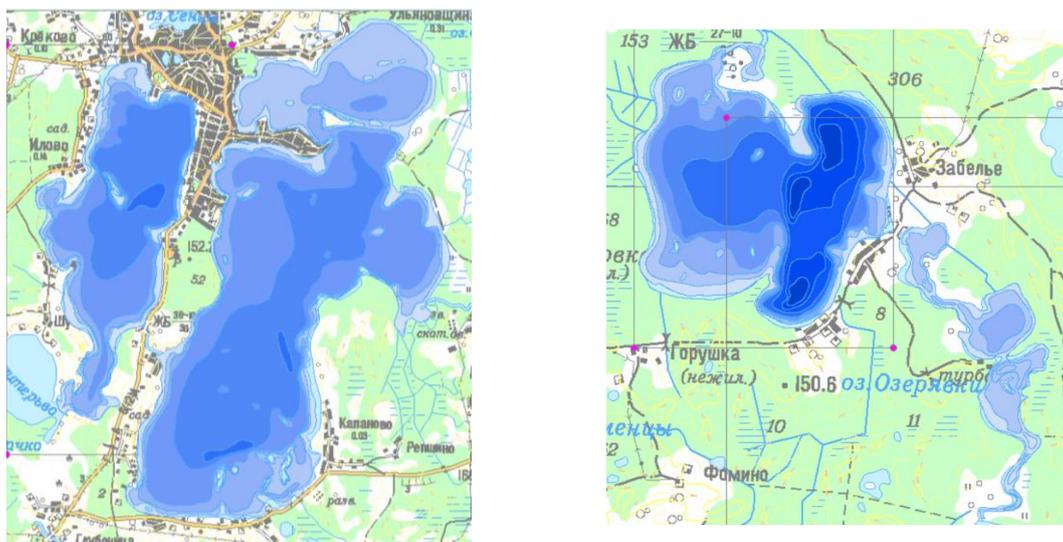


Рис. 1. Батиметрические картосхемы озер Себежское, Белое, Озерявки и Ороно

В результате проведенных работ впервые построены карто-схемы 7 основных озер национального парка «Себежский», определены максимальные и средние глубины, параметры котловин и произведен расчет объемов воды (табл. 1).

С целью организации мониторинга за гидрологической обстановкой на оз. Себежское организован гидрологический пост и начаты регулярные наблюдения за уровнем, термическим и гидрологическим режимами. В непосредственной близости от г. Себежа, между озер Себежское и Ороно установлена автоматическая метеостанция. Каждый час метеостанция производит свои наблюдения по 23 параметрам. Все данные в режиме реального времени передаются по сотовой сети на сервер. На основе этих данных строятся различные графики, которые позволяют визуализировать динамику процессов и проводить всевозможные аналитические работы.

На основе проведенного батиметрического картографирования озер Себежское, Ороно, Белое и Озерявки нами была заложена сеть мониторинга и схема для отбора донных осадков с целью исследования уровня геохимического загрязнения. Пробы поверхностных донных осадков отбирались по сети 500x500 м с различных глубин при помощи дночерпателя Ван-Вина. В каждой точке отбора проб с помощью GPS-навигатора фиксировались координаты (рис. 2).

Анализ отобранных образцов донных отложений на содержание Pb, As, Cr, Ni, Zn, Cu проводили рентгенофлуоресцентным методом с помощью рентгеновского анализатора AP-104.

По результатам анализа количество тяжелых металлов в поверхностном слое донных осадков можно признать невысоким (Ni 29-54, Pb 29-101, Zn 35-163, Cu 16-56 ppm). Содержание хрома повышено (24-125). Наибольшим значением содержания характеризуется цинк. Было проведено сравнение полученных данных со схожими территориями, а также с территорией крупного города (табл. 2).

Из данных Опекунова А.Ю. и др. [3] взято две реки с минимальным и максимальным загрязнением. В столбце 4 приведены средние данные по всем озерам Полистовского заповедника из работы Ю. А. Фёдоровой [4]. Данные столбца 5 выбраны исходя из тех же условий, а также для сравнения со столбцом 4. Столбцы 6 и 7 заполнены на основании медианных значений, полученных в результате нашего исследования.

На рис. 3 отображено площадное распределение цинка в донных отложениях озер Себежское и Озерявки. Области с повышенными концентрациями цинка расположены вблизи населенных пунктов и автомобильных дорог, объектов туристической инфраструктуры.

Таблица 1

**Параметры котловин некоторых озер национального парка «Себежский»**

№ п/п	Озеро	Площадь, га.		Глубина, м.		Макс. длина, км.	Макс. ширина, км.	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Объем воды, млн. м <sup>3</sup>	Коэффициент извил. береговой линии	сред уклон между изобат	Длина береговой линии, км.
		Водного зеркала, га	Всего с островами	Макс.	средняя							
1	Себежское	1578,9	1595,9	10,8	5,05	7,6	3,4	128,0	79,7078	1,96	0,009	27,77
2	Ороно	568,23	567,16	10,8	6,28	5,0	1,914	162,90	35,676	1,80	0,02	15,20
3	Витятерево	154,00	154,00	16,8	8,18	1,877	1,263	262,50	12,603	1,31	0,04	5,77
4	Глыбочно	60,08	60,08	8,5	5,85	1,083	0,877	265,50	3,56	2,31	0,05	6,39
5	Белое	441,3	441,3	26,4	10,05	2,6	2,6	297,5	44,36	1,54	0,02	11,49
6	Озерявки	92,44	92,15	6,20	2,83	3,4	0,723	301,50	2,606	2,97	0,04	10,101
7	Нечерица	1552,2	1552,2	13,6	4,06	8,5	3,1	369,00	62,9962	2,11	0,01	29,475

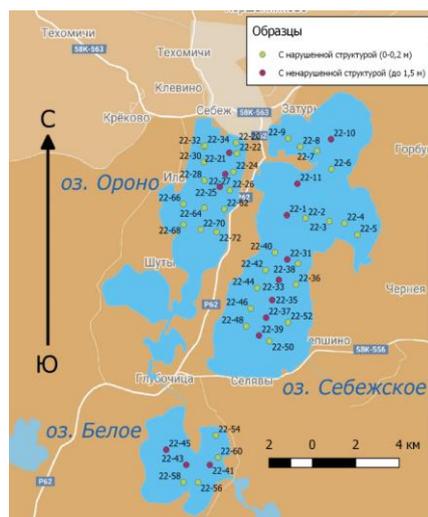


Рис. 2. Картограмма точек отбора проб донных отложения на исследуемых озерах

Таблица 2

**Сравнение содержания (мг/кг) ТМ в поверхностном слое донных отложений по разным объектам**

Объект/ металл	Река Ольховка, промышленная зона	Река Фонтанка, промышленная зона	Озера Полистовского заповедника (0-15 см)	Водоемы Полистовского заповедника	Озеро Себежское	Озеро Белое,
Cu	519 ±114	90,0±44,1	9,6	19,- 1,5–1,7	30	25
Zn	1073±189	352±145	17,9	143,9-5,5	96	100
Ni	79,9±14	34,9±14,7	8,2	17,8- 2,1–4,6	39	41
Cr	438 ± 158	67,2±27,4	-	45,89-48,05 - 2,88–28,22	58	56
Pb	2600±685	119±79,4	8,4	93,2-1,0	58	58

- - не определено

Для оценки общих закономерностей распространения всех анализируемых элементов был использован комплексный показатель превышения фона элементов в донных осадках.

Формула для расчета суммарного показателя загрязнения почв была откорректирована и использована в целях оценки отношения содержаний изученных элементов к фоновым значениям:

$$k = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{rb}} - (n - 1)$$

где  $n$  – количество исследуемых металлов,  $C_i$  – значение,  $C_{fb}$  – фон.

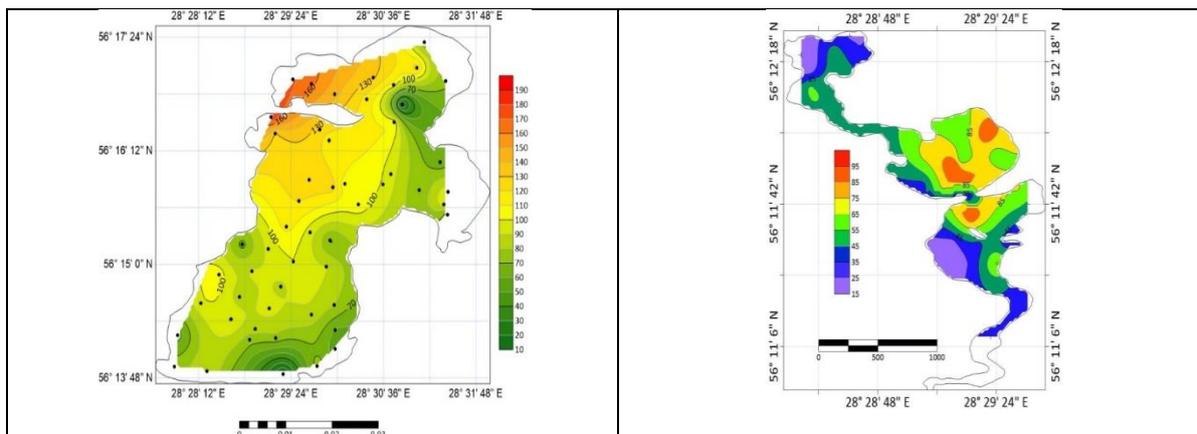


Рис. 3. Карта-схема распределения концентраций Zn в поверхностных пробах озера Себежское и Озерявки (ppm)

По результатам анализа были составлены карта-схемы распределения тяжелых металлов в озёрах Белое, Ороно и Себежское, Озерявки (рис. 4). В качестве фона было выбрано медианное значение концентраций.

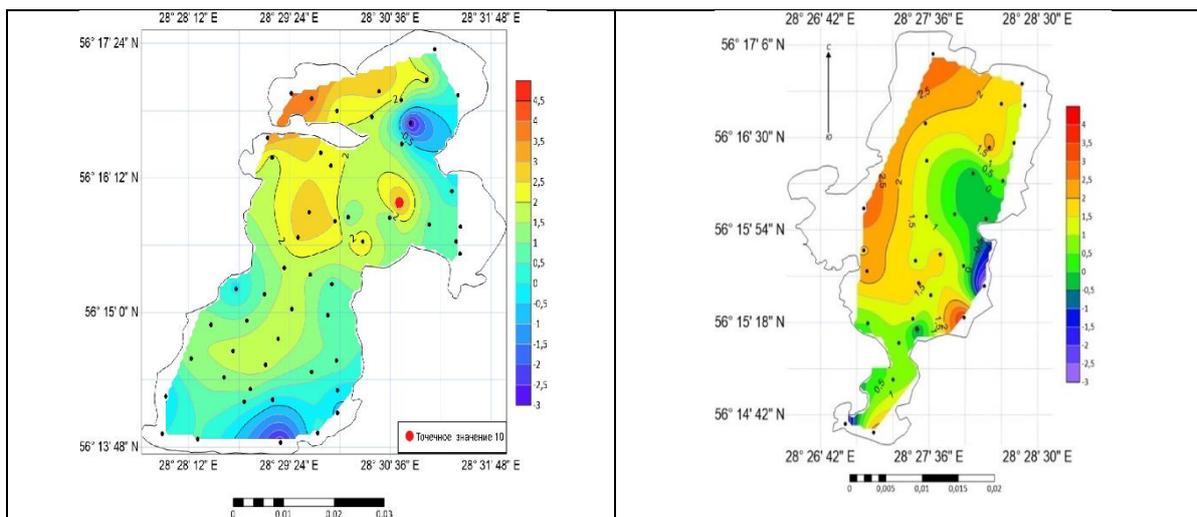


Рис. 4. Картограмма распределения суммарного показателя превышения фона элементов в донных осадках, озера Себежское и Ороно (ppm)

На основании составленных картограмм можно констатировать, что распределение тяжелых металлов в донных осадках имеет сложный характер, но области с повышенным содержанием приурочены все-таки к инфраструктурным объектам (селитебная зона, автомобильные дороги).

Так для оз. Ороно и Себежское (рис. 4) повышение показателя  $Z_{ex}$  наблюдается в западной и северной частях, где расположены г. Себеж, д. Илово, походят автомобильные дороги от города Себеж на юг между

двух озер. Дополнительным фактором распространения тяжелых металлов в донных отложениях может выступать не только близость населенных пунктов, но и естественное движение вод по системе озер и накопление элементов в самых глубоких частях водоемов.

Для дальнейшего определения стратифицированных проб донных осадков на озёрах Ороно, Белое и Себежское в 2023 году произведен отбор колонок с использованием пробоотборника ГОИН 1,5 м. Образцы на анализ отбирались с каждых 10 см колонки.

Последующий анализ результатов этих исследований позволит установить общую картину характера осадконакопления и содержания тяжелых металлов, а также выявить закономерности их распределения в донных осадках.

В связи с этим озеро Белое нельзя считать фоновым объектом.

### **Выводы**

1. Исследуемые водоемы представляют единую систему средне-глубоких озер ледникового происхождения. Средние глубины колеблются от 2,8 до 10,5 м. Максимальная глубина отмечена для оз. Белое - 26,4 м.

2. Озера национального парка «Себежский» не имеют высокого уровня загрязнения тяжелыми металлами, за исключением повышенного содержания хрома в некоторых областях.

3. Незначительные повышения содержания тяжелых металлов приурочены к селитебным зонам и связаны в основном с Zn, Pb, Cr.

4. Превышения суммарного показателя элементов в донных осадках присутствуют, но незначительны. В основном они обусловлены повышением содержания Zn, Pb, Cr.

5. Влияние антропогенных источников вблизи селитебных зон подчеркивает необходимость дополнительного мониторинга и исследований для обеспечения экологической безопасности водоемов Национального парка.

### **Библиографические ссылки**

1. Коннонова Л.А., Подлипский И.И., Зеленковский П.С., Хохряков В.Р. Расчёт коэффициента суммарного загрязнения в почвах и донных отложениях рекреационной зоны национального парка "Смоленское Поозерье"// В сборнике: Экологические проблемы недропользования. Материалы Шестнадцатой международной молодежной научной конференции. 2016. С. 260-262.

2. Терехова А.В., Подлипский И.И., Зеленковский П.С., Хохряков В.Р. Определение фоновых содержаний тяжелых металлов в почвах и донных осадках центральной части национального парка "Смоленское Поозерье"// В сборнике: Экологические проблемы недропользования. Материалы семнадцатой международной молодежной научной конференции. 2017. С. 67-74.

3. Опекунов А.Ю., Митрофанова Е.С., Спасский В.В., Опекунова М. Г., Шейнерман Н. А., Чернышова А. В.. Химический состав и токсичность донных отложений малых водотоков Санкт-Петербурга // Водные ресурсы. - 2020, Т. 47. - №№ 2. - С. стр. 196-207.
4. Федоров Ю.А., Минкина Т.М., Шипкова, Нестерук Г.В. Тяжелые металлы в ландшафтах верховых болот Псковской области // География и природные ресурсы. 2017. №2. С. 46-55.
5. Тютиков С.Ф. Биогеохимическая индикация: современное состояние и перспективы развития // Геохимия, №10 – 2017 – С. 908.
6. Подлипский И.И., Зеленковский П.С. Методика проведения эколого-геологической оценки состояния донных отложений озера Сапшо (национальный парк "Смоленское Поозерье") В сборнике: Школа экологической геологии и рационального недропользования - 2015. Материалы пятнадцатой межвузовской молодежной научной конференции. 2015. С. 52-57.