

УДК 504.054+004.021

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА ARCGIS ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЛЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОЗ. САПШО (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК «СМОЛЕНСКОЕ ПООЗЁРЬЕ»)

Е.А. Попова, В.Ю. Третьяков

*Санкт-Петербургский государственный университет,
199034, Санкт-Петербург, Университетская наб. д.7
E-mail: lena-popova-l@mail.ru, v_yu_tretyakov@mail.ru*

Рассматривается применение методов пространственного анализа ArcGIS 10.2.1 для исследования пространственной и временной динамики валового содержания тяжёлых металлов в поверхностном слое донных осадков озера Сапшо в национальном парке «Смоленское Поозерье».

Ключевые слова: донные осадки, тяжёлые металлы, пространственный и временной анализ, ГИС-технологии.

Введение

Неотъемлемой частью обработки и анализа данных полевых геоэкологических исследований является пространственная локализация полученной информации, её обработка и пространственный анализ с учётом естественных факторов изучаемой территории или акватории (климата, рельефа, геологического и ландшафтного строения, водного режима и т.д.). Применение геоинформационных систем (ГИС) позволяет выполнить это быстро и качественно, поэтому ГИС-технологии получили широкое распространение практически во всех областях наук о Земле, в том числе в геоэкологии и природопользовании.

Методы ГИС-технологий были применены при исследованиях озера Сапшо, принадлежащего, наряду с озёрами Рытое, Чистик, Глубокое, к центральной группе озёр национального парка (НП) «Смоленское Поозерье» (Духовщинский и Демидовский районы Смоленской области) [1]. На северном берегу озера Сапшо находится самый крупный населённый пункт национального парка – пос. Пржевальское (население 1479 чел. [2]), в котором в 400 м от озера располагается популярный среди жителей Смоленской области санаторий им. Пржевальского, построенный в 1972 г. [8]. Площадь озера – 218 га [3], максимальная глубина – 18,6 м. На юге в него впадает река Сапшанка,

на северо-западе – Безымянный ручей, на северо-востоке из него вытекает р. Сапша, есть 6 небольших островов.

Целью работы является эколого-геохимическая оценка состояния озера Сапшо на основе изучения поверхностного слоя донных осадков (0-10 см), включающего в себя определение концентраций тяжёлых металлов, гранулометрического состава и содержания органических веществ как факторов, непосредственно влияющих на накопление элементов в донных осадках.

Полевые работы проводились в августе 2014, 2015 и 2016 гг. Е.А. Попова принимала непосредственное участие в полевых исследованиях 2016 года во время своей производственной практики. Полевые исследования заключались в отборе проб поверхностного слоя донных осадков дночерпателем Ван-Вина и измерении глубин в точках пробоотбора. В 2014 году был осуществлён отбор проб на 28 точках, в 2015 – на 11, и в 2016 – на 16 точках. Отобранные в 2014 и 2015 гг. пробы после их подготовки были проанализированы на валовое содержание тяжёлых металлов на рентгено-флюоресцентном анализаторе «Спектроскан Макс-G» в ресурсном центре «Геомодель». Для выполнения пространственного анализа использовалась программа ArcGIS 10.2.1 и её модули расширения Spatial Analyst и Geostatistical Analyst.

1. Создание карты глубин озера

Вначале была выполнена географическая привязка спутникового снимка (рис. 1). Далее способом векторизации по подложке были созданы полигональные шейпфайлы акватории озера, его островов и прилежащих к озеру участков водотоков (рис. 2).



Рисунок 1. Спутниковый снимок района озера Сапшо [9]

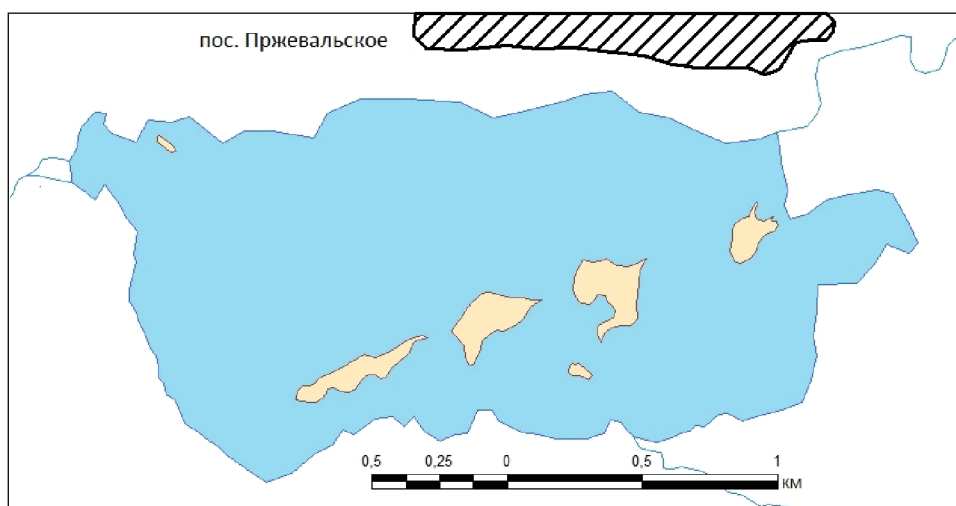


Рисунок 2. Векторные слои акватории озера Сапшо, его островов и прилежащих участков
ВОДОТОКОВ

Процедуры интерполяции выполнялись с помощью растра маски озера Сапшо, созданного с помощью инструмента «Polygon to raster» набора инструментов «To Raster» опции «Conversion Tools» модуля ArcToolbox. Изобаты как векторные линии были созданы путем векторизации по подложке привязанного растрового изображения схемы глубин озера Сапшо (рис. 3). Географическая привязка схемы глубин осуществлена с помощью созданных векторных слоёв акватории озера, его островов и прилегающих водотоков. Разумеется, в качестве семантики линейных объектов изобат были заданы числовые значения глубины (рис. 4).



Рисунок 3. Схема глубин озера [10]

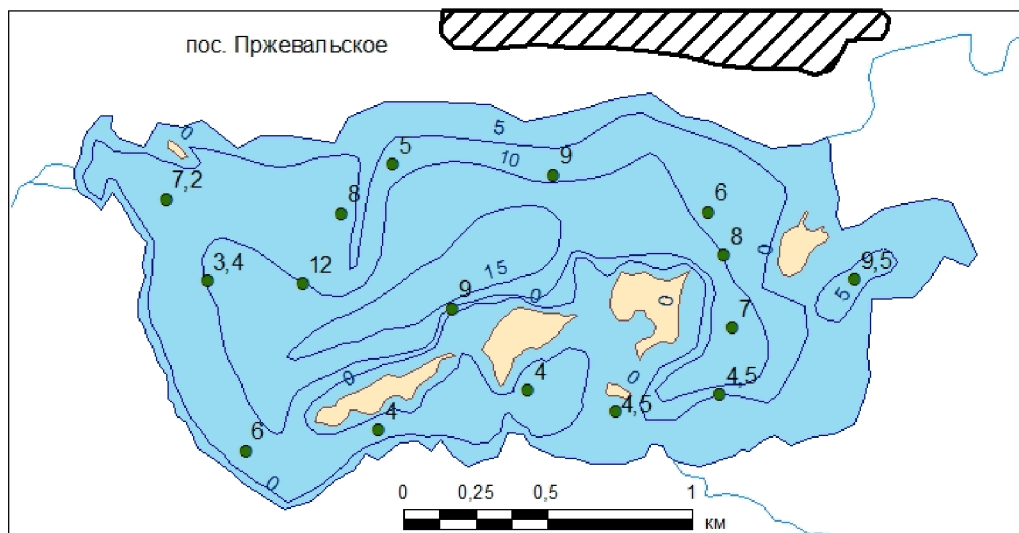


Рисунок 4. Векторизованные изобаты озера Сапшо и слой точек пробоотбора в 2016 г. с указанием глубин

С помощью инструмента «Feature Vertices to Points» набора инструментов «Features» опции «Data Management Tools» модуля ArcToolbox вертексы (вершины) объектов Polyline изобат были преобразованы в слой точечных объектов (рис. 5).

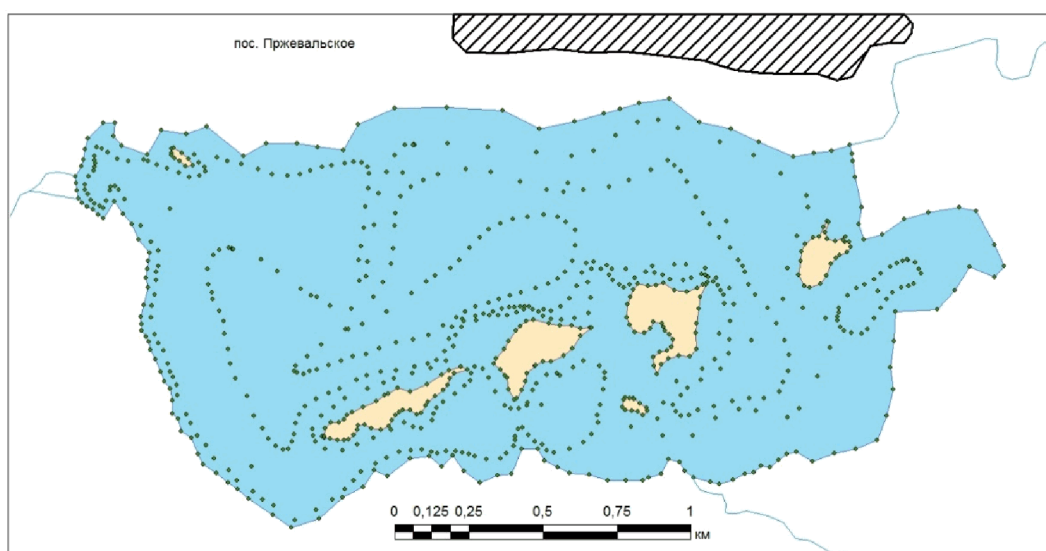


Рисунок 5. Точки – результат преобразования вершин изобат и береговой черты

С помощью инструмента «Union» панели инструментов «Editor» к созданному из вершин изобат и береговой черты слою точек был добавлен слой точек отбора проб. Таким образом, при создании карты глубин озера Сапшо были учтены как данные

существующей карты глубин, так и результаты их измерений при отборе проб. Интерполяция значений глубины выполнена методом кригинга (Kriging) с использованием созданной ранее маски акватории озера (рис. 6).

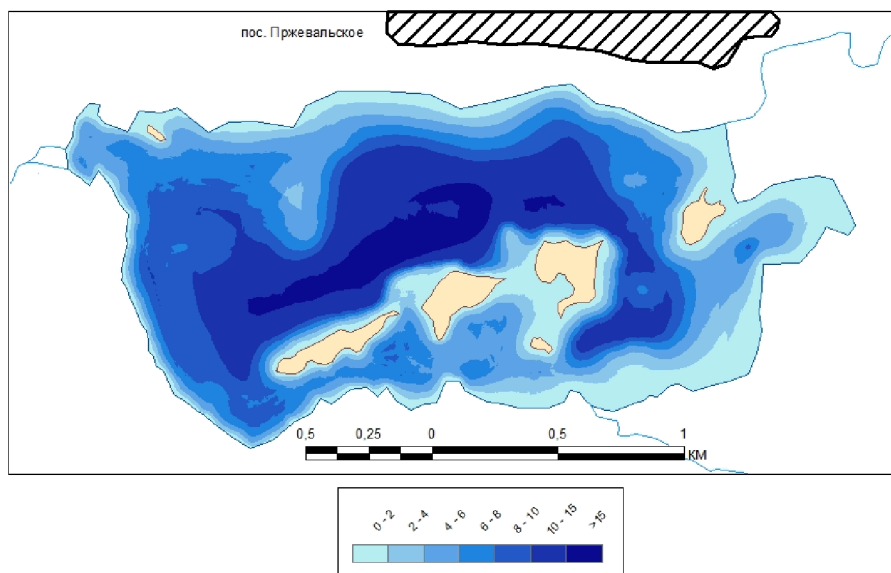


Рисунок 6. Результат интерполяции глубины методом Kriging

Для создания изобат использован инструмент «Contour» набора инструментов «Surface» опции «Spatial Analyst Tools» модуля ArcToolbox. Расстояние между изолиниями было задано равным двум метрам. Для получения лучшего изображения были удалены слишком мелкие паразитные контуры, а для сглаживания изолиний использован инструмент «Smooth line» набора инструментов «Generalization» опции «Cartography Tools» модуля ArcToolbox.

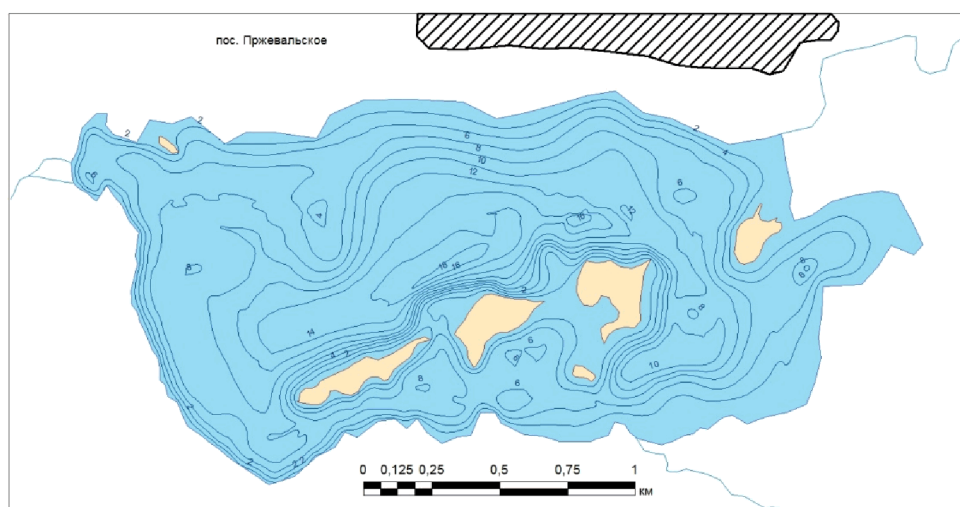


Рисунок 7. Карта изобат озера

В результате были получены как шейпфайл изобат, так и растр (матрица) значений глубины, который можно использовать для создания 3D моделей или карт совместного распределения параметров с использованием метода кокригинга («cokriging»). Этот метод используется для построения карт пространственного распределения тех параметров, которые имеют недостаточно точек определения их значений для выполнения адекватной интерполяции. В таком случае учитывают их корреляцию с каким-либо другим параметром, определённым в достаточном количестве точек пространства. Например, содержание органических веществ в донных осадках или их гранулометрический состав могут иметь сильную корреляционную связь с глубиной. В этом случае карты пространственного распределения этих характеристик могут быть построены с учётом как непосредственных данных их значений, так и пространственного распределения глубины.

2. Анализ изменения концентраций тяжёлых металлов за год (2014-2015 гг.)

Наличие тяжёлых металлов в ландшафте в концентрациях, превышающих фоновое среднее кларковое значение – признак либо наличия в данном районе геохимической аномалии, требующей изучения, либо усиленного антропогенного воздействия на окружающую среду [4]. В условиях национального парка воздействие человека на природу относительно невелико [5]. Тем не менее, изучение пространственной и временной динамики концентраций тяжёлых металлов в донных осадках озера актуально, т. к. на берегу озера находится относительно крупный населённый пункт – пос. Пржевальское. Использование методов пространственного анализа может выявить степень влияния посёлка на экосистему озера Сапшо.

Точки отбора проб в 2014 и 2015 гг. были добавлены на электронную карту (фрейм) в виде слоёв событий. Их источниками служили два текстовых файла формата реляционной таблицы с разделителями. В полях таблиц содержалась следующая информация: идентификаторы точек, их географические координаты, концентрации тяжёлых металлов. Созданные слои были сохранены в шейпфайлы с декартовой системой координат. Слои этих шейпфайлов послужили источниками данных для пространственной интерполяции.

Интерполяция по всем данным о концентрациях тяжёлых металлов в верхнем слое донных осадков выполнялась методом ОВР («Обратно взвешенного расстояния») или, по англоязычной терминологии, IDW («Inverse Distance Weight») [6]. При этом корректировались размеры ячеек матриц и ряд других параметров интерполяции. В качестве экстента указывался экстент созданной ранее матрицы глубин озера (опция

«Environments→Processing extent»). В качестве маски был указан созданный векторный слой акватории озера (опция «Environments→Raster analysis»). Ниже приводятся результаты интерполяции содержания марганца в верхнем слое донных осадков (рис. 8-9).

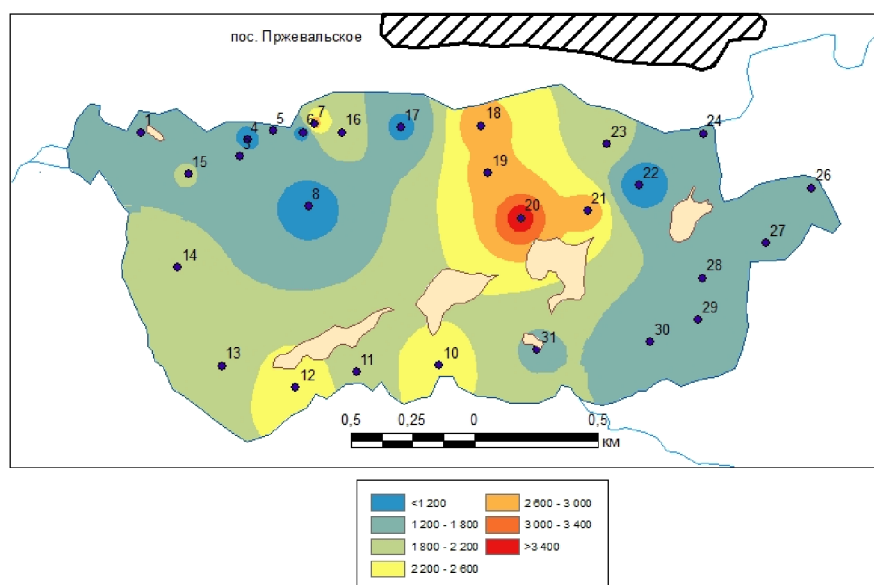


Рисунок 8. Распределение марганца в донных осадках оз. Сапшо в 2014 г. (мг/кг)

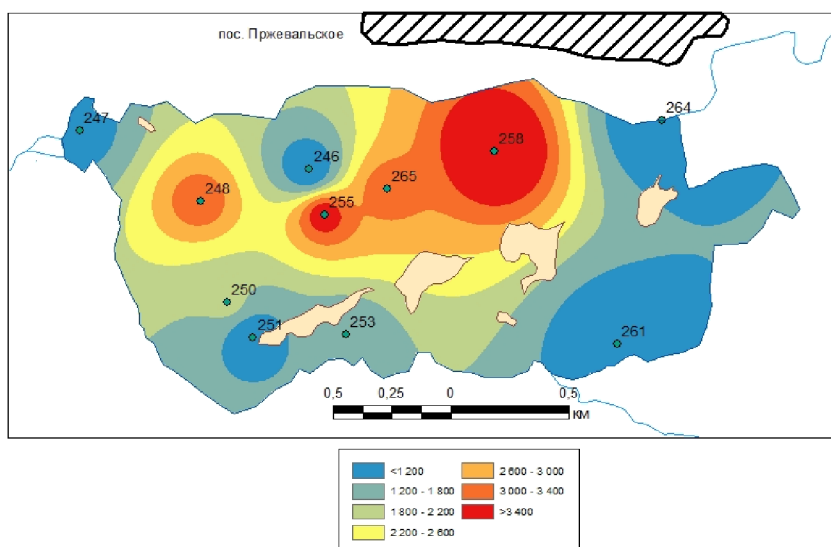


Рисунок 9. Распределение марганца в донных осадках оз. Сапшо в 2015 г. (мг/кг)

Для выявления временной динамики содержания элементов в донных осадках с помощью калькулятора растров (Raster calculator) была определена разность между концентрациями в 2015 и 2014 годах, т.е. из растра пространственного распределения в 2015 г. вычитался растр распределения в 2014 г. На рис. 10 представлен результат подобного вычитания для концентрации марганца.

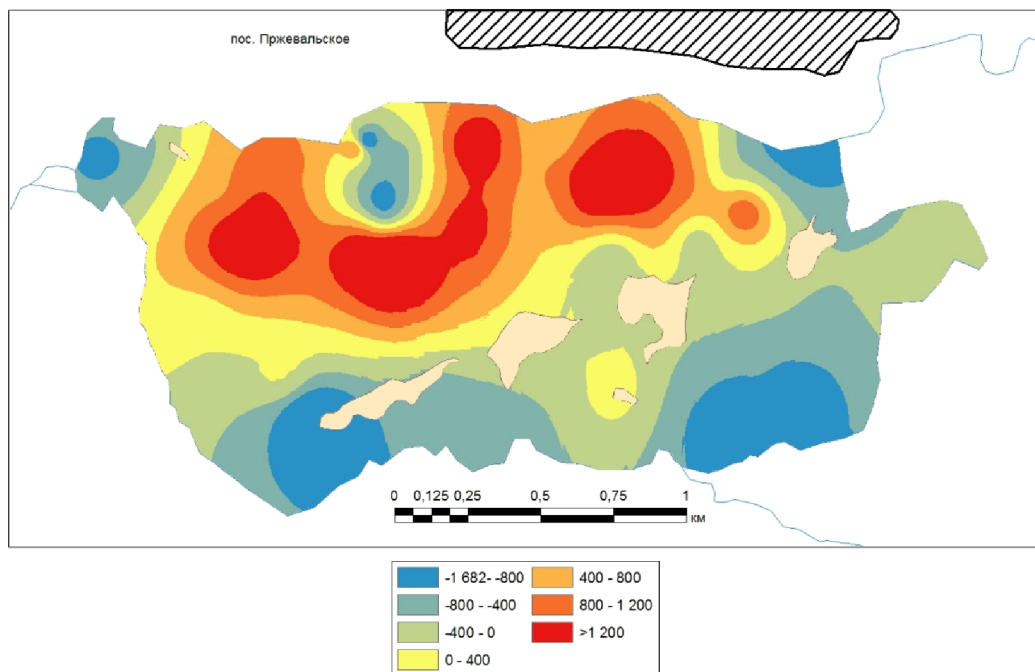


Рисунок 10. Изменение концентрации марганца в донных осадках за год (2014-2015 гг.)

Затем была выполнена процедура переклассификации созданных растров разностей концентраций в 2015 и 2014 гг. (ArcToolbox→Spatial analyst tools→Reclass→Reclassify). Класс «1» назначался всем ячейкам с положительными значениями, т.е. при увеличении концентрации за год, а класс «0» – всем ячейкам с отрицательными значениями, т.е. в случае уменьшения концентраций. Далее растры – результаты переклассификации были конвертированы в векторные полигональные слои шейпфайлов (Raster to polygon). Задание символики: Layer properties→Symbology→Categories→Unique values many fields (gridcode), в качестве свойства Value field устанавливалось «gridcode», назначались цвета и подписи для каждой категории (рис. 11).

С помощью калькулятора растров выполнено попарное сложение матриц временной динамики содержания элементов в донных осадках внутри одной группы по классификации Гольдшмидта [7] (халькофилы – Zn и Pb; сидерофилы – Fe, Co, Mn), осуществлен анализ изменения их пространственного распределения. На рис. 12 представлен результат данного анализа для элементов железо (Fe) и марганец (Mn).

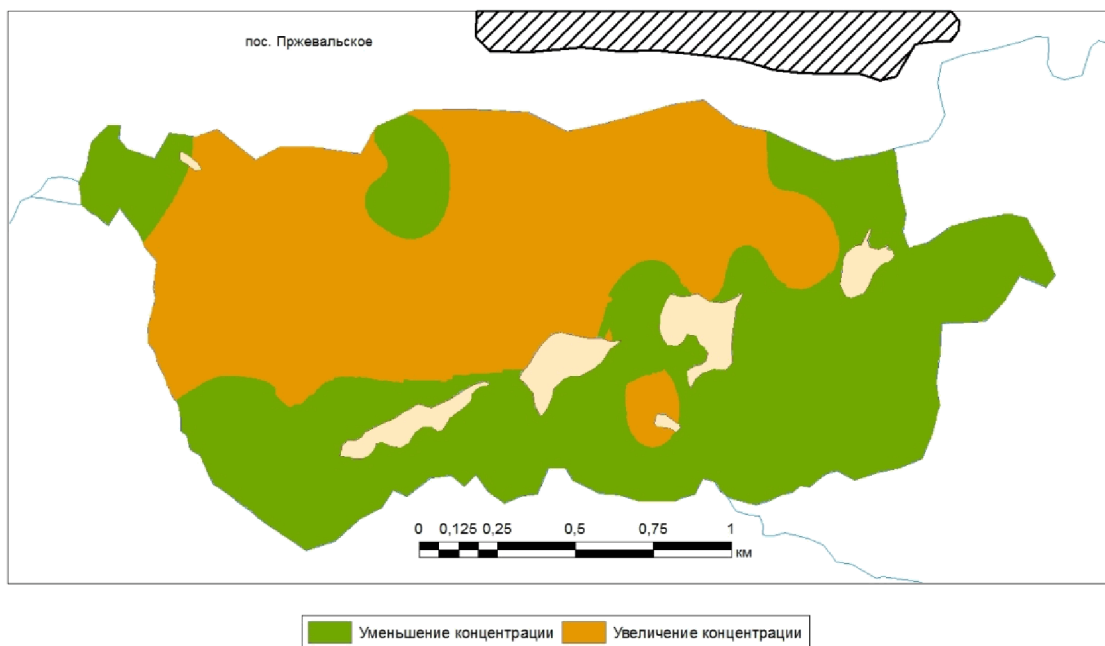


Рисунок 11. Направление изменения концентрации марганца в донных осадках за год (2014-2015 гг.)

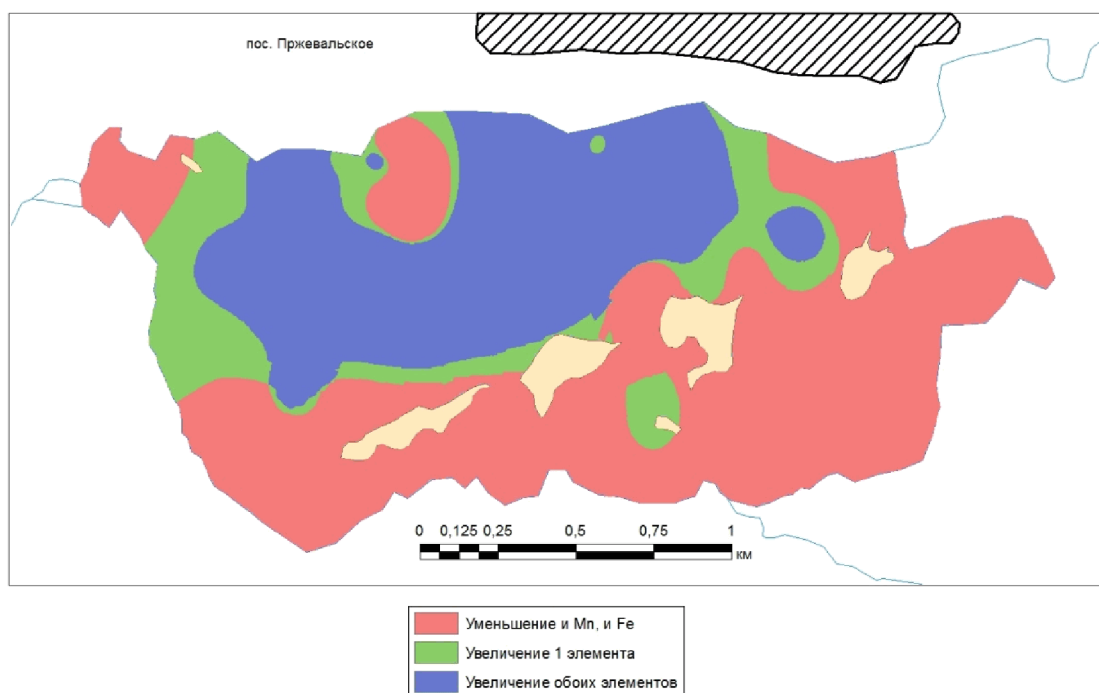


Рисунок 12. Изменение концентраций марганца и железа за год (2014-2015 гг.)

Также выполнено сложение растров временной динамики содержания в донных осадках цинка (Zn) и марганца (Mn) – элементов-антагонистов в литосфере (рис. 13).

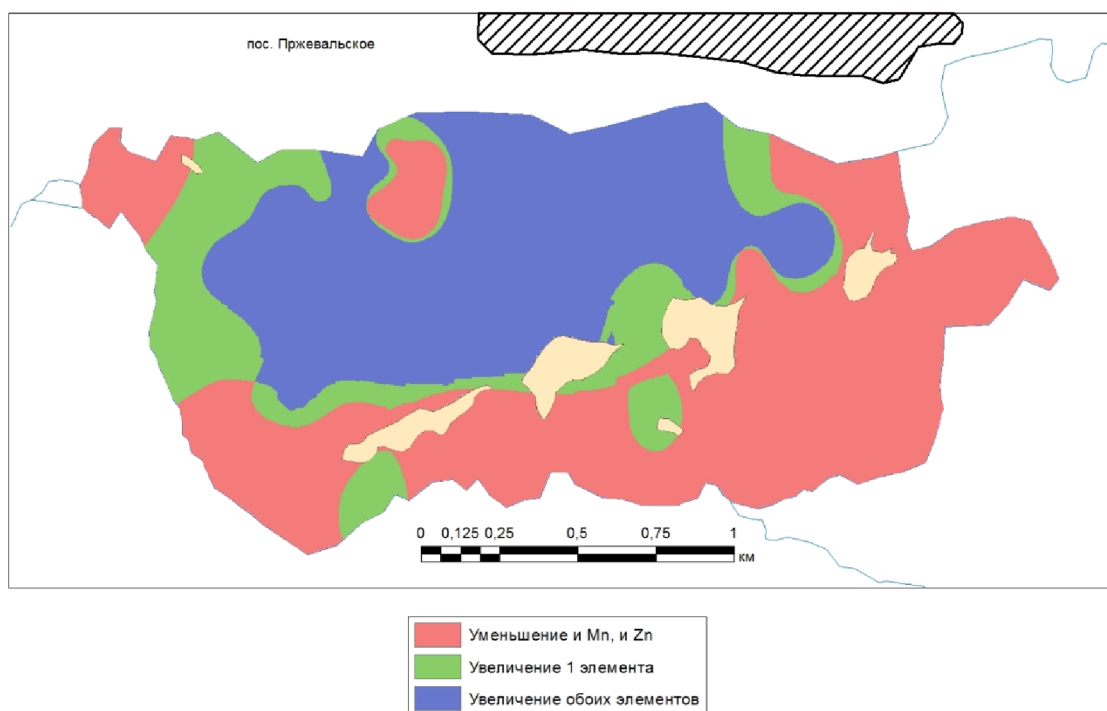


Рисунок 13. Изменение концентраций цинка и марганца за год (2014-2015 гг.)

Заключение

Созданы карта глубин изучаемого озера Сапшо и карты распределения валовых форм тяжёлых металлов в его донных осадках за 2014-2015 гг.

Можно сделать следующие выводы: концентрации ряда тяжёлых металлов (Mn, Fe и Zn), увеличились за год в северной части озера, примыкающей к пос. Пржевальское, что может свидетельствовать о его влиянии на состав донных осадков. Тем не менее, изменение концентраций за столь короткий промежуток времени (1 год) не может служить индикатором кардинальных изменений в экосистеме озера Сапшо. Предложенная методика использования ГИС-технологий может применяться при изучении временной динамики содержания различных элементов и веществ за более длительный интервал времени на различных географических объектах. Разумеется, выводы носят предварительный характер: планируется выполнить с использованием ГИС-технологий исследование взаимосвязей содержания тяжёлых металлов в донных осадках с их гранулометрическим составом и глубиной.

Литература

1. *Хохряков В. Р.* Экологическая характеристика водоёмов национального парка «Смоленское Поозерье» и их рациональное использование // Диссертация на соискание степени кандидата биологических наук: 03.00.10. Смоленск, 2001. 168 с.
2. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2016 года // РОССТАТ: Москва, 2016.
3. *Погуляев Д. И.* Геология и полезные ископаемые Смоленской области Т.1. Смоленск, 1955. 248 с.
4. *Опекунов А. Ю.* Экологическая седиментология // Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУ, 2012. 224 с.
5. *Подлипский И. И., Зеленковский П.С.* Эколого-геохимическая оценка состояния системы «водосборная площадь - донные отложения» озера Лошамьё (национальный парк «Смоленское Поозерье») // В сборнике: Природа и общество: в поисках гармонии. Сборник научных статей: материалы докладов. Смоленский гуманитарный университет; ответственный редактор: Е.А. Бобров. 2015. С. 128-137.
6. *Третьяков В.Ю., Селезнев Д.Е.* Применение геоинформационных систем в геоэкологических исследованиях // Санкт-Петербург: Изд-во РГГМУ, 2008. 208 с.
7. *Мовчан В. Н. Опекунова М.Г.* Биогеохимические аспекты геоэкологических исследований // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. 2002, № 3. С. 93-103.
8. Сайт посёлка Пржевальское. URL: www.prjevalskoe.ru/sanatoriya
9. Google Карты. URL: www.google.ru/maps
10. Официальный сайт национального парка «Смоленское Поозерье». URL: www.poozerie.ru

APPLYING OF ARCGIS SPATIAL ANALYSIS TOOLS IN PROCESSING OF FIELD DATA OF GEOECOLOGICAL STUDY OF SAPSHO LAKE (NATIONAL PARK 'SMOLENSK LAKELAND')

E. A. Popova, V. Yu. Tretyakov

*St. Petersburg State University,
199034, St. Petersburg, Universitetskaya nab. 7
E-mails: lena-popova-l@mail.ru, v_yu_tretyakov@mail.ru*

This article is about applying of ArcGIS 10.2.1 spatial analyst and geostatistical analyst tools in order to investigate spatial and temporal dynamics of total amount of heavy metals in the surface layer of bottom deposits of Sapsho Lake in the National park "Smolensk Lakeland".

Keywords: bottom deposits, heavy metals, spatial and temporal analysis, GIS technologies.

References

1. *Hohryakov V. R.* Ekologicheskaya harakteristika vodoYomov natsionalnogo parka «Smolenskoe Poozere» i ih ratsionalnoe ispolzovanie // Dissertatsiya na soiskanie stepeni kandidata biologicheskikh nauk: 03.00.10. Smolensk, 2001. 168 s.
2. Chislennost naseleniya Rossiyskoy Federatsii po munitsipalnym obrazovaniyam na 1 yanvarya 2016 goda // ROSSTAT: Moskva, 2016.
3. *Pogulyaev D. I.* Geologiya i poleznyie iskopaemyie Smolenskoj oblasti T.1. Smolensk, 1955. 248 s.
4. *Opekunov A. Yu.* Ekologicheskaya sedimentologiya // Sankt-Peterburg: Izd-vo SPbGU, 2012. 224 s.
5. *Podlipskiy I. I., Zelenkovskiy P.S.* Ekologo-geohimicheskaya otsenka sostoyaniya sistemy «vodosbornaya ploschad - donnyie otlozheniya» ozera LoshamYo (natsionalnyiy park «Smolenskoe Poozere») // V sbornike: Priroda i obschestvo: v poiskah garmonii. Sbornik nauchnyih statey: materialyi dokladov. Smolenskiy gumanitarnyy universitet; otvetstvennyiy redaktor: E.A. Bobrov. 2015. S. 128-137.
6. *Tretyakov V.Yu., Seleznev D.E.* Primenenie geoinformatsionnyih sistem v geoekologicheskikh issledovaniyah // Sankt-Peterburg: Izd-vo RGGMU, 2008. 208 s.
7. *Movchan V. N. Opekunova M.G.* Biogeohimicheskie aspekty geoekologicheskikh issledovaniy // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 7. Geologiya. Geografiya. 2002, vol 3. S. 93-103.
8. Sayt poselka Przhevalskoe. URL: www.prjevalskoe.ru/sanatoriy
9. Google Kartyi. URL: www.google.ru/maps
10. Ofitsialnyiy sayt natsionalnogo parka «Smolenskoe Poozere». URL: www.poozerie.ru