

УДК 556,550.424

**ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СИСТЕМЫ
РАЙОНА ОЗЕРА ЛОШАМЬЕ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК
«СМОЛЕНСКОЕ ПООЗЕРЬЕ»)**

И. И. Подлипский, П. С. Зеленковский

*Санкт-Петербургского государственного университета, Университетская наб.,
д. 7/9, г. Санкт-Петербург, Россия, primass@inbox.ru*

Эколого-геохимическое исследование акватории оз. Лошамье и прилегающих территорий (национальный парк «Смоленское Поозерье») проведено для выявления поллютантов и их ассоциаций (Hg, Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, As, Cd, Pb, Sr и др.) в грунтах водосборной площади, поверхностной воде и донных отложениях озера с целью установления наличия техногенного источника и определение качественных и количественных характеристик воздействия. В работе использован комплекс методов математической обработки информации: корреляционный, факторный и кластерный анализ, а также проведено картирование водосборной площади с применением дифференцированного фона.

Ключевые слова: тяжелые металлы; донные отложения; ртутное загрязнение; фоновые концентрации; дифференцированный фон.

**ECOLOGICAL-GEOLOGICAL ASSESSMENT
OF THE REGIONAL SYSTEM OF THE LOSHAMYO LAKE
(NATIONAL PARK «SMOLENSKOIE POOZERIE»)**

I. I. Podlipsky, P.S. Zelenkovsky

*St. Petersburg State University, St. Petersburg, Universitetskaya embankment, 7/9;
primass@inbox.ru*

Ecological and geochemical study of the lake's water area. Loshamyie and adjacent territories (Smolensk Poozerie National Park) were carried out to identify pollutants and their associations (Hg, Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, As, Cd, Pb, Sr, etc.) in the soils of the catchment area, surface water and bottom sediments of the lake in order to establish the presence of a man-made source and determine the qualitative and quantitative characteristics of the impact. The work used a set of methods for mathematical information processing: correlation, factor and cluster analysis, and also mapped the catchment area using a differentiated background.

Keywords: heavy metals; bottom sediments; mercury pollution; background concentrations; differentiated background.

Введение. ФГУ «Национальный парк «Смоленское Поозерье» (Смоленская обл., РФ) является природоохранным, эколого-просветительским

и научно-исследовательским учреждением, территория и акватория которого включает в себя природные комплексы и объекты, имеющие особую, в том числе экологическую ценность.

Одним из участков с потенциально фоновой нагрузкой (заповедная зона), является территория водосборной площади оз. Лошамье. Несмотря на отсутствие деятельности человека на этой территории, по результатам мониторинга прошлых лет, проводимого администрацией Национального парка совместно с аттестованными лабораториями г. Смоленска, было установлено превышение предельно-допустимых концентраций (для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурного водопользования) содержания ртути в приповерхностной воде озера в 2008 и в 2009 гг.

С целью установления возможных источников поступления поллютантов в «конечное депо» миграции — донные отложения, проведена геохимическая съемка территории поверхностного водосбора озера, площадь которой можно условно установить по изогипсе (200 м), а также всей системы в целом «водосборная площадь-поверхностные воды-донные отложения» оз. Лошамье.

Одним из главных аспектов эколого-геохимического исследования прилегающих территорий и акватории оз. Лошамье — это выявление поллютантов и их ассоциаций в грунтах водосборной площади, поверхностной воде и донных отложениях озера (в т.ч. такого тяжелого металла как ртуть) с целью установления наличия техногенного источника и определение качественных и количественных характеристик воздействия.

Методика проведенных исследований. Для эколого-геохимической оценки территории годы был проведен комплекс мероприятий. Для выявления геохимических особенностей с 2014 по 2021 гг. в акватории озера были проведены следующие виды работ: отбор проб донных отложений бентосным дночерпателем Ван-Винна и промер глубин (плотность опробования 100×100 м – всего отобрано 37 проб), а также отбор проб береговых отложений с глубины 1,5-2,0 м (через 200 м. береговой линии — отобрано 14 проб); в 2021 г. были отобраны дополнительные 30 проб донных отложений в центральной части озера [2-5].

Для определения распределения поллютантов в почвах за 2014-2021 г. на территории водосборной площади было отобрано более 100 проб верхнего почвенного горизонта для определения содержаний поллютантов и выявления закономерностей их распределения с глубиной.

Пробы были проанализированы (при помощи рентгенофлуоресцентного спектрометра) на валовое содержание тяжелых металлов и металлоидов (Hg, As, Cr, Cd, Pb, Mn, Cu, Zn, Co, Sr, Ca, Fe). Анализ содержания ртути был проведен при помощи ртутного аналитического комплекса РА-915+.

Все аналитические работы проведены в Институте наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета на кафедрах экологической геологии и геохимии. Расчеты производились с помощью пакетов программ Statistica 10.0 и Microsoft Office Excel. Построение карт и картосхем проводилась в программах CorelDraw 12, Adobe Photoshop 8.0, Surfer 9.0 и др.

Геохимические особенности почв водосборной площади. Было установлено, что в национальном парке вблизи оз. Лошамье преобладают подзолистые и дерново-подзолистые супесчаные и песчаные почвы с разной степенью оподзоливания, редко встречаются болотные почвы [5].

Анализа проб почв показал, что содержания в почвах ряда металлов оказались ниже порога обнаружения прибора (Cr , $\text{Cu} > 20$; $\text{Ni} > 10$; Co , As , $\text{Cd} > 5$ мг/кг), однако эти значения также ниже ПДК и фоновых значений. Значимые результаты были получены содержания для цинка и свинца. Согласно критериям асимметрии и эксцесса, распределение валового содержания Zn и Pb не противоречит нормальному закону. Об однородности площадного распределения тяжелых металлов и металлоидов в почвах свидетельствует значение коэффициента вариации. Он не превышает 40%, поэтому медианы действительно можно принимать за фоновые содержания химических элементов. Среднее валовое содержание исследуемых тяжелых металлов не превышает установленные ПДК/ОДК.

В целом, геохимический фон на рассматриваемой территории характеризуется низкими значениями содержания тяжелых металлов.

Распределение Hg в системе «водосборная площадь — акватория озера». Методика выявления территорий загрязнения основана на сравнении содержания различных соединений в природных средах с неким «средним» значением. На территории с невысоким антропогенным давлением наилучшим оценочным показателем является сравнение с медианным значением, поскольку оно слабо зависит от отдельных пиковых значений показателя, что и требуется для разделения зон на «чистые» и «подверженные воздействию».

Вблизи озера Лошамье было отобрано 98 проб верхнего почвенного горизонта (среднее 48, медиана 42 мкг/кг, коэф. вариации 114 %) и 75 проб нестратифицированных донных отложений (среднее 151, медиана 156 мкг/кг, коэф. вариации 47 %) [2, 4, 6].

Для анализа ситуации нами были использованы медианные значения, характерные для почв, и донных отложений, поскольку условия миграции и накопления в данных компонентах системы существенно различаются. В дальнейшем для донных отложений был введен единый фон (156 мкг/кг).

При статистической обработке результатов было установлено, что распределение ртути не противоречит логнормальному закону. Анализ значений коэффициентов вариации, в почвах и донных осадках озера Лошамьё, показал неравномерное распределение ртути. Это свидетельствует о наличие зон наиболее интенсивного преобладания элемента. Для наглядного выявления областей наибольшей аккумуляции ртути были рассчитаны коэффициенты концентрации элемента и построены карты распределения в соответствии с дифференцированным фоном. Карта распределения ртути вблизи озера Лошамьё представлена на рис. 1.

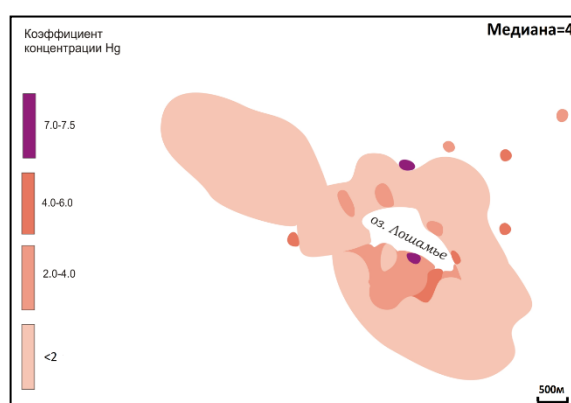


Рис. 1. Распределение Hg в почвах вблизи оз. Лошамьё

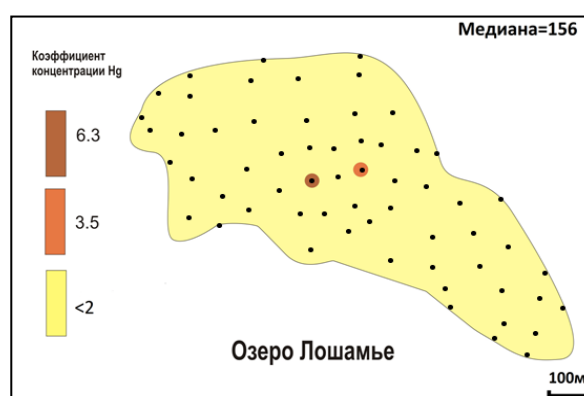


Рис. 2. Распределение Hg в донных отложениях оз. Лошамьё

Коэффициент концентрации ртути варьирует в почвах пределах от 2 до 7,7. Однако на большей части территории вокруг озера содержание ртути однородно и не превышает фон более чем в два раза. На участке южного берега оз. Лошамье концентрация ртути выше фонового значения в 4-6 раз (6 проб). В этой же части, а также на севере исследуемой территории в единичных точках содержание Hg находится на уровне, превышающем фон более чем в 7 раз.

Коэффициент концентрации ртути в донных отложениях однороден, практически во всех пробах он меньше 2, только в двух единичных пробах есть превышения 3,5 и 6,3. Эти точки находятся в центре озера на глубине 12 метров (рис. 2).

Сравнивая распределение элемента в почвах и донных осадках, безусловно, стоит отметить большую дисперсность этого показателя в почвах. Анализируя почвенную карту, можно выделить несколько зон, которые можно назвать “потенциальными зонами загрязнения”. Центральная часть озера характеризуется повышенными значениями K_k , причем в эту зону входит несколько близко расположенных точек. Эта часть данной системы «водосборная площадь — акватория оз. Лошамьё», по все

видимости, является конечным резервуаром переноса и аккумуляции (консервации) загрязнения [6]. Однако, стоит отметить, что в целом значения содержания ртути в донных осадках значительно (в пять раз) выше аналогичного показателя для почв.

Так как не существует нормативов ПДК для донных отложений, концентрации тех или иных элементов в осадках можно сравнивать только с кларковыми содержаниями или ПДК почв. Кларк ртути в почвах составляет 0,04 мг/кг (данные отдела «Геоэкология и геохимическое картирование» ИМГРЭ). ПДК ртути в почвах составляет 2,1 мг/кг. В некоторых регионах России наблюдаются повышенные концентрации ртути по отношению к кларку почв [1]. Естественно, что в урбанизированных территориях содержание ртутит выше, чем в заповедных зонах, минимально подверженных антропогенному влиянию.

Результаты и выводы. 1. Проведено эколого-геохимическое исследование береговых осадков и донных отложений оз. Лошамье, по результатам которого не установлено наличия превышений ПДК каких-либо элементов, однако характер распределения и диапазон значений концентраций может свидетельствовать о наличии внешних источников загрязнения, не проявленных на данной территории в полной мере.

2. Анализ распределения содержаний элементов в донных осадках, позволил разделить их на 2 группы: 1 — Hg, As, Cr, Cd, Pb, Mn — структура которой позволяет судить о наличии источника постоянного притока в систему; 2 — Cu, Zn, Co, Sr, Ca, Fe — вероятно характеризует естественные природные особенности местных аквальных элементарных геохимических ландшафтов.

3. По результатам анализа содержания ТМ в различных фракциях удалось установить (подтвердить) факт низкой отрицательной корреляции (-0,94) концентрации и размерности частиц (накопление большинства элементов) на тонких фракциях). В связи с этим, центральная часть озера (а именно, группа близко расположенных точек отбора проб и замера глубин) с наибольшим содержанием тонкой фракции в донных отложениях, характеризуется повышенными значениями K_k большинства ТМ. Таким образом, это часть данной системы «водосборная площадь — акватория оз. Лошамье», является конечным резервуаром переноса и аккумуляции ТМ и, при определенных условиях, может рассматриваться как возможный источник вторичного загрязнения.

Таким образом, особенности распределения большинства элементов в «береговых» и донных отложениях позволяет сделать заключение о наличии невысокого и/или прошлого техногенного воздействия на территорию бассейна оз. Лошамье в части образования слабоконтрастных аномалий Cu, As, Mn, Pb и Cr. Исключением является Hg, геохимические

аномалии которой характеризуются большим градиентом, что является свидетельством наличия постоянного, но слабого источника.

Несмотря на полученные результаты по содержанию элементов в различных компонентах окружающей природной среды, в целом можно сделать заключение об олиготрофности условий и высокой чистоте воды.

Библиографические ссылки

1. Подлипский И. И., Зеленковский П. С. Эколого-геохимическая оценка состояния системы оз. Лошамьё (НП «Смоленское Поозерье»). В сборнике: Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии. Материалы Всероссийской конференции с международным участием с элементами научной школы. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. 2015. С. 530-536.

2. Терехова А. В., Подлипский И. И., Зеленковский П. С., Хохряков В. Р. Разработка сети пробоотбора для комплексного эколого-геологического мониторинга территории национального парка «Смоленское Поозерье». Природа и общество: в поисках гармонии. 2016. № 2. С. 150-155.

3. 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.

4. 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. Институт наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета; Геологический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. 2016. С. 260-262.

5. 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.

6. Podlipskiy I. I., Zelenkovskiy P. S., Dubrova S. V., Hohryakov V. R., Lebedev S. V., Izosimova O. S. and Chubarova I. M. Mercury and other heavy metals in the bottom sediments of Lake Loshamy (national park "Smolensk Lakeland"). OP Conf. Series: Earth and Environmental Science 579 (2020) 012044. DOI:10.1088/1755-1315/579/1/012044.