



УДК 502.52:550.4 (571.53,282.256.341)

Оценка экологического состояния почвенного покрова о. Ольхон (по экспериментальным данным)

В. А. Пеллинен, Т. Ю. Черкашина, Г. В. Пашкова

Институт земной коры СО РАН

М. А. Густайтис, И. С. Журкова

Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН

С. И. Штельмах, С. В. Пантеева

Институт земной коры СО РАН

Аннотация. Объектом исследования является крупнейший остров оз. Байкал, особо охраняемая природная территория федерального значения, входящая в состав Прибайкальского национального парка. В настоящей работе авторами оценено эколого-геохимическое состояние почвенного покрова территорий о. Ольхон, подвергнутых в прошлом сельскохозяйственному воздействию. Изучение лугово-степных геосистем на острове проводили методом ключевых участков для первичного выявления элементов-индикаторов в почвенном покрове. В качестве индикаторов использовали микроэлементы, относящиеся к I–III классам опасности: As, Hg, Pb, Zn, F (высокоопасные), Co, Ni, Cu, Cr. (умеренно опасные), Ba, V, Mn, Sr (малоопасные). Определение Hg и As проводили методом атомной абсорбции (ААС), остальных элементов – методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА). Выявлено, что геохимической особенностью почв о. Ольхон, образованных по магматическим и метаморфическим породам, является повышенное относительно кларка содержание F, V, Mn, Co, Cu, Zn, Ba, Hg, меньше кларка – Cr и As, близко к кларку – Ni. Содержания F, V, Zn и Pb превышают региональный фон. Полученные аналитические и геохимические данные свидетельствуют о том, что изученную территорию можно отнести к вполне благополучной и рассматривать как фоновую при дальнейшей эколого-геохимической оценке бывших сельскохозяйственных угодий о. Ольхон.

Ключевые слова: геологическая среда, экология, рентгенофлуоресцентный анализ, РФА, метод атомной абсорбции, токсичные элементы, почвы, почвенный покров, оценка экологического состояния, Ольхон.

Введение

Исследование техногенного загрязнения геологической среды является одним из основных направлений экологических работ. Под геологической средой понимаются окружающие нас природные и измененные человеком геологические образования и поля, такие как рельеф, горные породы, почвы, воды, полезные ископаемые, разные геофизические поля, эндогенные и экзогенные процессы, которые составляют минеральную (жизнеобеспечивающую) основу биосферы и влияют на условия существования и деятельности человека [21].

Одним из видов техногенеза является сельскохозяйственная деятельность человека. Длительная эксплуатация пахотных угодий, применение минеральных удобрений и пестицидов приводит к значительным изменениям физических, химических и биологических свойств почвы, что, в свою очередь, не может не повлиять на исходное (природное) содержание в ней элементов, как эссенциальных, так и токсичных [14]. Такого рода изменения могут проявляться длительное время и после прекращения внесения агрохимических средств. Поэтому исследование химического состава почв как неотъемлемой части геологической среды имеет большое значение для экологических исследований Байкальской природной территории.

Исследование загрязнения геологической среды Прибайкалья различными геохимическими методами вызывает все больший интерес ученых в связи с интенсивно увеличивающейся техногенной нагрузкой [1; 7; 10; 13; 15; 19; 26]. В настоящее время активно ведется проработка проектов по обустройству туристско-рекреационных зон оз. Байкал, одной из которых является о. Ольхон (рис. 1). Административно остров входит в состав Ольхонского района Иркутской области. Ольхон – самый крупный остров Байкала, расположен в средней части озера, вблизи западного побережья. Остров вытянут вдоль берега Байкала, длина Ольхона 73 км (между мысами Хобой и Умыш-Тамэ), ширина достигает 15 км. Площадь о. Ольхон около 700 км² [8]. Главными путями сообщения являются федеральное автомобильное шоссе Иркутск – Хужир. Населенные пункты главным образом тяготеют к западному берегу Ольхона.

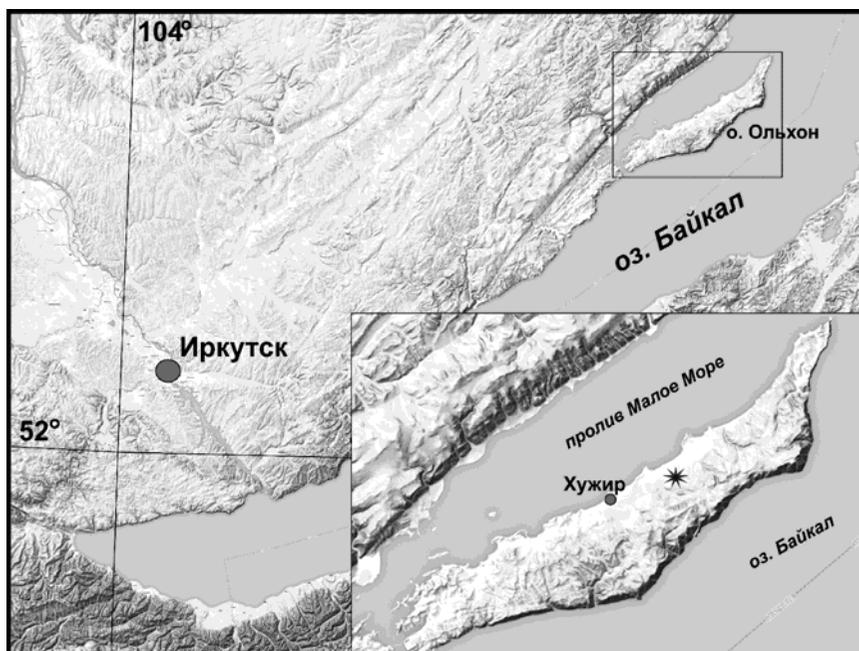


Рис. 1. Обзорная карта района исследования. Ключевой участок на о. Ольхон отмечен звездочкой

Антропогенное воздействие на геологическую среду острова можно разделить на два этапа: первый – сельскохозяйственный, закончившийся в 80-е гг. XX в., во время которого основным загрязнителем являлись удобрения, используемые для обработки сельхозугодий; второй – современный, туристско-рекреационный, начавшийся в 2005 г., связанный с электрификацией острова и расширением инфраструктуры, – характеризуется техногенным загрязнением от организации незаконных и переполнении существующих свалок, утечек из канализационных систем баз отдыха. Исследованию почвенного покрова о. Ольхон в разное время были посвящены работы [3; 10; 22; 27–29], в которых изучены физико-химические, агрофизические и биологические свойства различных типов почв, а также их эрозионоустойчивость.

Целью и задачей настоящего исследования явилась оценка эколого-геохимического состояния почвенного покрова территорий о. Ольхон, подвергнутых в прошлом сельскохозяйственному воздействию.

Методы и объекты исследования

Геологическая среда территории о. Ольхон представляет собой сложную природную систему, постоянно изменяющуюся под действием как природных, так и техногенных факторов. На острове развиваются различные экзогенные процессы, создавая уникальные виды байкальских берегов, пляжей, песчаных полей, каменных россыпей, озер и заболоченностей. В геологическом отношении территория о. Ольхон сложена в основном магматическими и метаморфическими породами раннепалеозойского возраста [20; 31], лишь на незначительных по площади участках обнажаются континентальные отложения неогенового периода. Широко, особенно в прибрежной зоне западного берега и в днищах котловин, распространены различные по генезису четвертичные отложения. Также на острове широко развиты древние коры выветривания, которые выходят на поверхность в прибрежной зоне западного берега [9; 18].

Объектами нашего исследования являлись каштановые и дерновые степные почвы, формирующиеся на пролювии и делювии магматических и метаморфических горных пород и распространенные в пределах лугово-степных геосистем общей площадью 219,5 км² (32 % от площади о. Ольхон). Эти территории находятся в зоне транспортного и туристического воздействия [10]. Исследование проводили методом ключевых участков для первичного выявления элементов-индикаторов в почвенном покрове. Выбор ключевого участка обоснован наличием на нем следов сельскохозяйственного воздействия. Общая площадь территорий, подвергавшихся ранее такому типу нагрузок, составляет 11,24 км², т. е. 5 % от площади лугово-степных ландшафтов. В ходе рекогносцировочных исследований данных территорий нами был выбран участок, представляющий из себя заброшенное поле площадью 1,25 км² (рис. 2), расположенное в 1,5 км от уреза залива Баян-Шунген. В геологическом отношении на выбранном участке почвы располагаются в зоне контакта пород Эрэнхэйского комплекса, представленного перидотитами, габбро, пироксенитами, прорывающих породы Чернорудской свиты, сложенной мраморами и амфиболитами [9].



Рис. 2. Общий вид ключевого участка, зарастающего сосновым лесом

Опробование почв проводили методом прикопок с шагом в 100 м с глубины 15 см. Отбор образцов с небольших глубин обоснован тем, что большая часть привнесенных токсичных химических элементов (As, Pb, Hg, F, Cu, Ni, Co, Cr, Zn, V) концентрируется в верхнем почвенном слое. Отобранный материал сохраняли в естественно-влажном состоянии, затем сушили до воздушно-сухого состояния в лабораторных условиях во избежание потерь химически неустойчивых и летучих элементов и их соединений.

Для определения содержаний F, S_{общ}, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Ba, Pb, а также породообразующих оксидов Na₂O, MgO, Al₂O₃, SiO₂, P₂O₅, K₂O, CaO, TiO₂, MnO, Fe₂O₃ использовали метод рентгенофлуоресцентного анализа (РФА). Это экспрессный высокочувствительный неdestructивный метод, широко применяемый в геохимии и геологии для определения элементного состава вещества в широком диапазоне концентраций [24; 25; 30]. Измерение образцов почв выполнено при помощи современного рентгенофлуоресцентного волнодисперсионного спектрометра S8 TIGER (Bruker AXS, Германия) на базе Центра коллективного пользования (ЦКП) «Геодинамика и геохронология» ИЗК СО РАН, г. Иркутск. Технические параметры прибора, условия и параметры определения некоторых элементов изложены в [25]. Расчет концентраций изученных элементов проводили с применением программного обеспечения SPECTRA^{plus} [32].

Приготовление проб к РФА выполняли двумя способами: для определения Sr и Pb высушенный материал массой 5 г смешивали со связующим веществом (воск) в соотношении 5:1; для определения остальных компонентов брали навеску порошка пробы массой 1 г. Излучатели готовили путем прессования таблеток с подложкой из борной кислоты при помощи полуавтоматического пресса HERZOG НТР 40 (Германия) при усилии в 100 кН.

Прямое определение Hg выполнено методом атомной абсорбции (ААС) с помощью анализатора ртути РА915М (фирма «Люмэкс», Россия) с пиролитической приставкой РП 91С. Измерения проводили в соответствии с ат-

тестованной методикой [23]. Метод ААС широко применяется для установления содержания Hg в почве, горных породах, донных отложениях. Достоинством метода является экспрессность, низкие пределы обнаружения, отсутствие стадии переведения пробы в раствор, что позволяет избежать потери элемента. Для определения As пробы разлагали смесью кислот H_2SO_4 и HNO_3 в соотношении 1:3 с последующим измерением на спектрофотометре Solaar M6 (Thermo Electron, США) с электротермической атомизацией. Результаты анализа Hg и As получены на базе ЦКП «Многоэлементные и изотопные исследования» ИГМ СО РАН, г. Новосибирск.

Результаты

Средний валовый химический состав почв исследуемой территории следующий (в %): SiO_2 (54,4), Al_2O_3 (15,0), Na_2O (0,68), K_2O (1,48), CaO (3,2), MgO (2,1), TiO_2 (0,913), $Fe_2O_{3общ}$ (6,44), P_2O_5 (0,17), $S_{общ}$ (0,058) и близок к среднему составу почв Прибайкалья [8]. Можно отметить, что почвы обогащены Al_2O_3 и Fe_2O_3 , содержание которых выше в 1,4–1,5 раза по сравнению со средними содержаниями этих оксидов в почвах Прибайкалья, равными 11,0 и 4,4 % соответственно. Содержания P и S в почвах о. Ольхон почти в 2 раза ниже среднего содержания этих элементов в почвах Прибайкалья (0,3 % P_2O_5 и 0,1 % $S_{общ}$).

Для оценки эколого-токсикологического состояния почвенного покрова о. Ольхон в качестве индикаторов использовали микроэлементы, относящиеся к I–III классам опасности: As, Hg, Pb, Zn, F (высокоопасные), Co, Ni, Cu, Cr (умеренно опасные), Ba, V, Mn, Sr (малоопасные) [12]. Нормативной базой для оценки состояния загрязнения почв по содержанию элементов служили значения региональных фонов [13; 15] и кларков [4], предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) [11]. Полученные средние содержания элементов, их диапазоны, а также значения регионального фона, кларка, ПДК и ОДК приведены в табл.

Таблица

Содержание (среднее/(min-max)) элементов в почвенном покрове о. Ольхон

| Элемент | Содержание, мг/кг | Кларк* в почвах, мг/кг | Региональный фон, мг/кг | ОДК**, мг/кг | ПДК, мг/кг |
|---------|-------------------------|------------------------|-------------------------|--------------|------------|
| F | $\frac{499}{407-573}$ | 200 | 175 | – | – |
| V | $\frac{171}{140-237}$ | 100 | 112 | – | 150 |
| Cr | $\frac{101}{85-140}$ | 200 | 99 | – | – |
| Mn | $\frac{1150}{930-1600}$ | 850 | 1123 | – | 1500 |
| Co | $\frac{19}{14-29}$ | 8 | 17 | – | – |
| Ni | $\frac{46}{35-76}$ | 40 | 42 | 20–80 | 85 |

Окончание табл.

| Элемент | Содержание, мг/кг | Кларк* в почвах, мг/кг | Региональный фон, мг/кг | ОДК**, мг/кг | ПДК, мг/кг |
|---------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|--------------|------------|
| Cu | $\frac{44}{33-65}$ | 20 | 49 | 33–132 | 55 |
| Zn | $\frac{109}{77-155}$ | 50 | 87 | 55–220 | 100 |
| Sr | $\frac{272}{228-335}$ | 300 | 237 | – | – |
| Pb | $\frac{17}{11-20}$ | 10 | 10 | 32–130 | 30 |
| Hg*** | $\frac{0,019}{0,015-0,022}$ | 0,01 | 0,02 | – | 2,1 |
| As | $\frac{2,5}{1,4-3,2}$ | 5 | – | 2–10 | 2 |
| Ba | $\frac{712}{649-780}$ | 500 | – | – | – |

Примечание. * – кларк по данным А. П. Виноградова [4];

** – диапазон ОДК в зависимости от типа почв [11];

*** – определение ртути выполнено методом ААС;

знак «–» означает, что в литературных источниках [11; 13; 15] значения регионального фона, ОДК и ПДК для определяемых элементов не приведены.

Для каждого элемента были рассчитаны коэффициенты концентрации химического вещества (K_c) и опасности (K_o). K_c рассчитывали как отношение фактического среднего содержания определяемого вещества в почве (C_i) к региональному фоновому (C_{fi}): $K_c = C_i/C_{fi}$; K_o – как отношение значений C_i и ПДК ($C_{ПДКi}$): $K_o = C_i/C_{ПДКi}$ (рис. 3а, б).

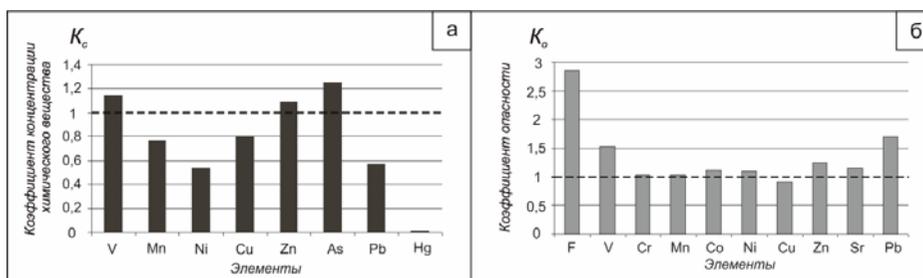


Рис. 3. Рассчитанные значения: а) коэффициентов концентрации химического вещества (K_c); б) коэффициентов опасности (K_o). Пунктирная линия обозначает допустимые значения определяемых величин

Как видно из таблицы, в почвах о. Ольхон повышенные содержания относительно регионального фона наблюдаются для F, V, Zn и Pb. Диапазон валового содержания фтора в исследуемой выборке составляет 407–573 мг/кг; средняя концентрация – 499 мг/кг, что превышает региональный фон почти в 3 раза ($K_c = 2,9$). Согласно [11], в настоящее время установлена

ПДК для подвижной и водорастворимой форм F соответственно 2,8 и 10 мг/кг. В связи с отсутствием ПДК для общего F обычно ориентируются на литературные данные, в соответствии с которыми допустимым уровнем содержания валового F в почве принято считать 500 мг/кг, критическим – 500–1000 мг/кг [17]. Согласно этим цифрам, среднее содержание F в почвах о. Ольхон находится на границе допустимого уровня. Возможно, что повышенная концентрация F связана с использованием ранее на этом участке фосфорных удобрений, которые могли быть причиной существенного поступления F в почву [14].

В исследуемых образцах зафиксировано содержание V (140–237 мг/кг), среднее значение которого превышает региональный фон ($K_c = 1,5$) и ПДК ($K_o = 1,14$). Уровень концентрации V в первую очередь определяется его количеством в почвообразующих породах [2]. В Прибайкалье участки с повышенными содержаниями V (127–255 мг/кг) приурочены к северо-западному и юго-восточному обрамлению оз. Байкал и связаны с выходами магматических пород. Для территории о. Ольхон максимальные содержания V отмечены в метаморфических породах [7].

Установленное нами среднее содержание Zn в почвах составляет 109 мг/кг и незначительно превышает региональный фон ($K_c = 1,5$) и ПДК ($K_o = 1,09$). Распределение Zn в отобранных пробах достаточно неравномерное – минимальные и максимальные концентрации Zn различаются в 2 раза. Значения ОДК для Zn являются более щадящим нормативом: 110 мг/кг – для кислых суглинистых; 220 мг/кг – для нейтральных суглинистых. Среднее содержание Zn в почвах о. Ольхон не превышает эти показатели. Небольшое превышение содержания Zn относительно регионального фона в изученных образцах объясняется его присутствием в составе коренных пород среднего состава.

Фоновое содержание Pb в почвах Прибайкалья составляет 10 мг/кг. В почвах исследованных объектов Pb распределен неравномерно: средняя концентрация Pb несколько выше регионального фона ($K_c = 1,7$), но не превышает ПДК и ОДК.

Содержания Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Sr и Hg в почвах о. Ольхон находятся на уровне регионального фона. Кларк Cr, по Виноградову [4], составляет 200 мг/кг, что в 2 раза выше регионального фона. Согласно литературным данным [6], значение кларка Cr сейчас в 3 раза ниже – 70 мг/кг, что ближе к региональному фону. Значение ПДК для валового содержания Cr в почвах России не принято; для почв Дании оно составляет 50, Швейцарии – 75, Германии, Нидерландов и Польши – 100, США – 240 мг/кг. В работе [5] рекомендовано для российских условий использовать промежуточное значение ПДК, равное 200 мг/кг. Таким образом, среднее значение содержания Cr, полученное для почв о. Ольхон, меньше предложенной величины ПДК.

Кларк Mn в почвах мира равен 850 мг/кг, а уровень его ПДК составляет 1500 мг/кг. Среднее содержание Mn в почвах Прибайкалья – 915–1200 мг/кг, что близко к полученному нами среднему содержанию Mn в почвах о. Ольхон.

Для Co значения ПДК отсутствуют, но его содержания соответствуют региональному фону, хотя и превышают кларк почти в 2 раза. Содержание

Ni изменяется в диапазоне 35–76 мг/кг при среднем значении 46 мг/кг, что близко к региональному фону и кларку и не превышает ПДК. Среднее значение Cu равно 44 мг/кг и превышает почти в 2 раза кларковые, но соответствует региональному фону.

Нормативы ПДК Sr в почвах также не установлены, но 600 мг/кг принято считать верхней границей нормального валового содержания [16]. В исследуемых почвах содержания Sr находятся на уровне кларка и регионального фона.

Содержание Hg значительно меньше ПДК ($K_o = 0,01$), что свидетельствует об отсутствии источников поступления этого токсичного элемента на изучаемой территории.

Для As и Ba отсутствуют значения регионального фона. Ba относится к слабоподвижным элементам и способен накапливаться в почвенных новообразованиях. Содержание Ba в почвах России колеблется в широких пределах (85–960 мг/кг) [5]. В исследуемых почвах Ba распределен достаточно равномерно, и его среднее содержание, равное 712 мг/кг, превышает кларк в 1,4 раза.

Принятое значение ПДК As для почв России составляет 2 мг/кг, а ОДК находится в диапазоне 2–10 мг/кг, в зависимости от типа почв. В исследуемых почвах средняя концентрация As (2,5 мг/кг) незначительно превышает ПДК ($K_o = 1,25$). По мнению Водяницкого Ю. Н. [6], значение ПДК для As занижено, так как основная часть почв содержит As выше допустимого уровня, поэтому предложено установить ПДК для As на уровне 10 мг/кг, что соответствует двойному значению кларка этого элемента. В пределах выбранного участка содержание As ниже кларка в 2 раза.

Выводы

Оценен химический состав почв о. Ольхон в пределах поля, подвергнувшегося длительной сельскохозяйственной нагрузке. Геохимическими особенностями почвенного покрова о. Ольхон, залегающего на рыхлых осадочных отложениях, кристаллических и метаморфических породах, являются повышенные относительно кларка содержания F, V, Mn, Co, Cu, Zn, Ba, Hg, меньше кларка – Cr и As, близко к кларку – Ni. Содержания F, V, Zn и Pb повышены относительно регионального фона. Повышенные содержания элементов в почвах определяются в основном природными факторами, важнейшим из которых является обогащение за счет материнских пород.

Коэффициент опасности имеет следующие значения: Zn – 1,09, V – 1,14, As – 1,25 и близок к единице. Отмечается высокое содержание фтора в почвах о. Ольхон, которое находится на границе допустимого уровня. Возможно, что повышенные концентрации фтора на исследуемой территории обусловлены использованием ранее на этом участке минеральных удобрений.

Полученные аналитические и геохимические данные свидетельствуют о том, что изученную территорию можно отнести к вполне благополучной и рассматривать как фоновую при дальнейшей эколого-геохимической оценке бывших сельскохозяйственных угодий о. Ольхон.

Работа выполнена при финансовой поддержке программ ФАНО № VIII.78.2. (0346-2014-0009) и № VIII 72.2.3 (0330-2014-0016).

Список литературы

1. *Антоненко А. М.* Локальный почвенно-биогеохимический мониторинг состояния лугово-степных экосистем Южного Прибайкалья / А. М. Антоненко // География и природ. ресурсы. – 2006. – № 4. – С. 48–53.
2. *Архипов И. А.* Ванадий в горно-лесных почвах Алтая / И. А. Архипов, А. В. Пузанов // Ползунов. вестн. – 2004. – № 2. – С. 176–181.
3. Атлас. Иркутская область: экологические условия развития. – М. ; Иркутск, 2004. – 90 с.
4. *Виноградов А. П.* Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А. П. Виноградов. – М. : Изд-во АН СССР, 1957. – 237 с.
5. *Водяницкий Ю. Н.* Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах / Ю. Н. Водяницкий. – М. : Изд-во Почвен. ин-та им. В. В. Докучаева РАСХН, 2009. – 194 с.
6. *Водяницкий Ю. Н.* Тяжелые металлы и металлоиды в почвах / Ю. Н. Водяницкий. – М. : Изд-во Почвен. ин-та им. В. В. Докучаева РАСХН, 2008. – 85 с.
7. *Вологина Е. Г.* Минеральный состав поверхностных донных осадков и наносов притоков в районе северного берега южной котловины озера Байкал / Е. Г. Вологина // Известия. – 2012. – Т. 5, № 2. – С. 86–95.
8. *Галазий Г. И.* Байкал в вопросах и ответах / Г. И. Галазий. – Иркутск : Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1987. – 384 с.
9. Геологическая карта: N-48-XXX. Геологическая карта СССР. Прибайкальская серия. Масштаб: 1:200 000 / под ред. Кульчицкий А. С. – Л. : Ленингр. карт-фабрика объединения, 1959.
10. Геохимия ландшафтов бассейна озера Байкал / В. А. Снытко [и др.] // География и природ. ресурсы. – 2007. – № 3. – С. 191–197.
11. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06 и ГН 2.1.7.2042-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в почве. – М. : Госсанэпиднадзор, 2006.
12. ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. – М. : Стандартиформ, 2008.
13. Геохимия окружающей среды Прибайкалья (Байкальский геоэкологический полигон) / В. И. Гребенщикова, Э. Е. Лустенберг, Н. А. Китаев, И. С. Ломоносов. – Новосибирск : Гео, 2008. – 234 с.
14. *Карпова Е. А.* Роль удобрений в циклах микроэлементов в агроэкосистемах // Рос. хим. журн. – 2005. – Т. 49, № 3. – С. 20–25.
15. *Китаев Н. А.* Редкие и рудные элементы в окружающей среде Прибайкалья (коренные породы, донные отложения, почвы) / Н. А. Китаев, В. И. Гребенщикова. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2014. – 123 с.
16. *Ковальский В. В.* Геохимическая экология / В. В. Ковальский. – М. : Наука, 1975. – 336 с.
17. *Конарбаева Г. А.* Содержание и распределение галогенов в почвенном профиле естественных и антропогенных экосистем юга Западной Сибири / Г. А. Конарбаева, В. Н. Якименко // Вестн. ТГУ. Сер. Биология. – 2012. – № 4 (20). – С. 21–35.
18. *Логачев Н. А.* Кайнозойские отложения Иркутского амфитеатра / Н. А. Логачев, Т. К. Ломоносова, В. М. Климанова. – М. : Наука, 1964. – 196 с.
19. *Напрасникова Е. В.* Экологическое состояние почвенного покрова юго-западного побережья оз. Байкал // Сиб. мед. журн. – 2008. – № 2. – С. 69–71.

20. Ольхонский метаморфический террейн Прибайкалья: раннепалеозойский композит фрагментов неопротерозойской активной окраины / Д. П. Гладкочуб [и др.] // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51, № 5. – С. 571–588.
21. *Осинов В. И.* Геоэкология: понятия, задачи, приоритеты // Геоэкология. – 1997. – № 1. – С. 3–12.
22. Особенности химического состава вод и почв в Приольхонье на побережье Байкала / И. А. Белозерцева [и др.] // Успехи соврем. естествознания. – 2014. – № 5, ч. 2. – С. 195–196.
23. ПНДФ16.1:2.2.80-2013. Определение содержания ртути в почвах, грунтах, донных отложениях и глинах. Методика М 03-09-2013 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.lumex.ru/metodics/13AR08.25.01-1.pdf>.
24. Рентгеноспектральное флуоресцентное определение Mo, Nb, Zr, Y, Sr, Rb, U, Th, Pb в алюмосиликатных горных породах / А. Г. Ревенко [и др.] // Аналитика и контроль. – 2006. – Т. 10, № 1. – С. 71–79.
25. Рентгенофлуоресцентное определение примесных элементов в карбонатных породах и флюоритовых рудах с использованием спектрометра S8 Tiger / С. И. Штельмах [и др.] // Аналитика и контроль. – 2015. – Т. 19, № 2. – С. 121–129. doi: 10.15826/analitika.2015.19.2.001.
26. Ртуть в окружающей среде Южного Прибайкалья / Н. А. Китаев [и др.] // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2008. – № 6. – С. 517–530.
27. *Рябинина О. В.* Результаты точечного обследования территории острова Ольхон // Вестн. ИрГСХА. Сер. Агрономия. Мелиорация. – 2014. – № 63. – С. 36–42.
28. *Рябинина О. В.* Физические показатели почвенного покрова западной части острова Ольхон // Вестн. ИрГСХА. – 2015. – № 68. – С. 12–16.
29. *Тайсаев Т. Т.* Историческая геоэкология Прибайкалья (на примере Приольхонья и о. Ольхон) // Вестн. БГУ. – 2012. – Спецвып. – С. 208–211.
30. *Черкашина Т. Ю.* Применение аналитических методов для геохимических исследований фосфоритов севера Монголии / Т. Ю. Черкашина, Е. Ф. Летникова // Вестн. ИрГТУ. – 2012. – № 6. – С. 59–65.
31. *Fedorovsky V. S.* The Olkhon geodynamic proving ground (Lake Baikal): high resolution satellite data and geological maps of new generation / V. S. Fedorovsky, E. V. Sklyarov // Geodynamics & Tectonophysics. – 2010. – Vol. 1, N 4. – P. 331–418.
32. SPECTRA^{plus}: програм. обеспечение для рентген. спектрометров. Версия 2.2.3.1. – Карлсруэ : Bruker AXS GmbH, 2010. – 495 с.

Assessment of Soil Cover Ecological State of the Olkhon Island (From the Obtained Experimental Data)

V. A. Pellinen, T. Yu. Cherkashina, G. V. Pashkova,

Institute of the Earth's Crust SB RAS

M. A. Gustaytis, I. S. Zhurkova

V. S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS

S. I. Shtel'makh, S. V. Panteeva

Institute of the Earth's Crust SB RAS

Abstract. The object of our study is the biggest island of the lake Baikal, which is a natural area of preferential protection of federal significance, and it is a part of the Baikal National Park. In the present paper, the authors assessed ecological and geochemical state of the soil cover of the Olkhon areas exposed in the past to the agricultural impact. Study of grassland and steppe geosystems on the island was performed by key-site method for the first revealing indicator elements in the soil cover. Trace elements concerning to I-III classes of hazard were used as the indicators: As, Hg, Pb, Zn, F (high hazardous), Co, Ni, Cu, Cr (moderately hazardous), and Ba, V, Mn, Sr (low-hazard). The determination of Hg and As was carried out by atomic absorption spectrometry (AAS), and other elements were detected by X-ray fluorescence (XRF). It was shown that the concentrations of F, V, Mn, Co, Cu, Zn, Ba, Hg are high relatively to the Clark, the Cr and As contents are less than the Clark, the Ni content is close to the Clark, and concentrations of F, V, Zn, Pb are higher than the region background. This is a geochemical feature of the studied soils of the Olkhon island, which were formed by magmatic and metamorphic rocks. The obtained analytical and geochemical data indicate that the studied territory can be attributed to a quite satisfactory and considered as a background in the process of the further ecological-geochemical assessment of the former agricultural lands on the Olkhon island.

Keywords: geological environment, ecology, X-ray fluorescence spectrometry, XRF, atomic absorption spectrometry, toxic elements, soil, soil cover, assessment of ecological state, Olkhon.

Пеллинен Вадим Александрович
ведущий инженер
Институт земной коры СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128
тел.: (3952) 42-84-96
e-mail: pellinen@crust.irk.ru

Pellinen Vadim Alexandrovich
Lead Engineer
Institute of the Earth's Crust SB RAS
128, Lermontov st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 42-84-96
e-mail: pellinen@crust.irk.ru

Черкашина Татьяна Юрьевна
кандидат геолого-минералогических
наук, научный сотрудник
Институт земной коры СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128
тел.: (3952) 42-61-33
e-mail: tcherk@crust.irk.ru

Cherkashina Tatiana Yurievna
Candidate of Sciences (Geology
and Mineralogy), Scientific Researcher
Institute of the Earth's Crust SB RAS
128, Lermontov st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 42-61-33
e-mail: tcherk@crust.irk.ru

Пашкова Галина Валерьевна
кандидат химических наук
научный сотрудник
Институт земной коры СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128
тел.: (3952) 42-61-33
e-mail: pashkova.gv@yandex.ru

Pashkova Galina Valerievna
Candidate of Science (Chemical)
Scientific Researcher
Institute of the Earth's Crust SB RAS
128, Lermontov st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 42-61-33
e-mail: pashkova.gv@yandex.ru

Густайтис Мария Алексеевна
кандидат геолого-минералогических
наук, старший научный сотрудник
Институт геологии и минералогии
им. В. С. Соболева СО РАН

Gustaytis Mariya Alekseevna
Candidate of Sciences (Geology and
Mineralogy), Senior Scientific Researcher
V. S. Sobolev Institute of Geology
and Mineralogy SB RAS

630090, г. Новосибирск, проспект
Академика Коптюга, 3
тел.: (383) 330-80-32
e-mail: gustaitis@igm.nsc.ru

Журкова Инна Сергеевна
ведущий инженер
Институт геологии и минералогии
им. В. С. Соболева СО РАН
630090, г. Новосибирск, проспект
Академика Коптюга, 3
тел.: (383) 330-81-10
e-mail: zhurkova@igm.nsc.ru

Штельмах Светлана Ивановна
кандидат геолого-минералогических
наук, научный сотрудник
Институт земной коры СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128
тел.: (3952) 42-61-33
e-mail: fotina78@gmail.com

Пантеева Светлана Владимировна
ведущий инженер
Институт земной коры СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128
тел.: (3952) 42-61-33
e-mail: panteeva@crust.irk.ru

3, Akademik Koptyug av., Novosibirsk,
630090
tel.: (383) 330-80-32
e-mail: gustaitis@igm.nsc.ru

Zhurkova Inna Sergeevna
Lead Engineer
V. S. Sobolev Institute of Geology
and Mineralogy SB RAS
3, Akademik Koptyug av., Novosibirsk,
630090
tel.: (383) 330-81-10
e-mail: zhurkova@igm.nsc.ru

Shtel'makh Svetlana Ivanovna
Candidate of Sciences (Geology and
Mineralogy, Scientific Researcher
Institute of the Earth's Crust SB RAS
128, Lermontov st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 42-61-33
e-mail: fotina78@gmail.com

Panteeva Svetlana Vladimirovna
Lead Engineer
Institute of the Earth's Crust, SB RAS
128, Lermontov st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 42-61-33
e-mail: panteeva@crust.irk.ru