

С.П. Кулижский<sup>1</sup>, А.В. Родикова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Биологический институт Томского государственного университета (г. Томск)

<sup>2</sup>Томский государственный педагогический университет (г. Томск)

### ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПОЧВ КОТЛОВИНЫ ОЗЕРА ШИРА

**Аннотация.** Обсуждаются результаты исследований элементного состава почвенного покрова и почв Ширинской островной степи на примере модельного объекта – депрессии озера Шира. Рассматриваются геохимическая специфика почв и факторы, ее определяющие. Изучены основные свойства компонентов, слагающих почвенные комбинации. Выявлено варьирование величины местной геохимической нормы в пространстве, что свидетельствует о неравномерном распределении элементов в пределах природного объекта – озерной котловины.

**Ключевые слова:** Ширинская островная степь; озеро Шира; геохимическая специфика почв; озерная котловина; кларки.

Степная зона Хакасии характеризуется наличием множества озер различной степени минерализации. Так, на территории Ширинского района Республики Хакасия учтено около 100 крупных и малых бессточных озер с площадью поверхности более 1 га [1].

Одним из важнейших показателей экологического состояния почвенного покрова любой территории является профильное и пространственное изменение содержания химических элементов, дифференциация которых зависит от многих факторов, в том числе от состава материнских пород, их гранулометрического состава, характера выветривания, почвообразовательных процессов, воздействующих на эти породы, климата и многих других экологических факторов. Однако почвы, соответствующие классическим моделям почвообразования, – явление, встречающееся не часто, и полигенетичность профилей нередко задает суммарные свойства, которые могут быть не вполне объяснены наблюдаемыми факторами и явлениями. Геохимическая характеристика почв и почвенного покрова как начального звена любых биогеохимических пищевых цепей имеет к тому же практическое значение в связи с их регулярным разнообразным использованием, что особенно актуально для степных регионов Сибири.

#### Объект исследования

Изучаемый природный объект находится на юге Восточной Сибири (Ширинский район, Республика Хакасия) и представлен впадиной озера Шира, водосборная площадь которой составляет около 223 км<sup>2</sup>.

Ведущим процессом почвообразования на исследуемой территории является гумусонакопление, широко развиты также процессы карбонатизации и соленакопления. Современный этап развития почв характеризуется значительным проявлением эрозионных процессов, таких как дефляция, склоновая эрозия [2–4].

Общими тенденциями пространственного распределения почв в озерных впадинах являются вершинно-экспозиционная дифференциация ксероморфных и мезоморфных почв на склонах и смена их почвами гидроморфного ряда на низких гипсометрических уровнях [5]; значительную роль играет фактор засоления. Существенное разнообразие почв на относительно небольшой территории отражает сложность природных условий и ландшафтов.

Соотношение площадей почвенных комбинаций, составляющих кольцевые микрзоны изучаемой депрессии (при выделении структурных единиц использованы представления о почвенном покрове, разработанные В.М. Фридландом [6]), достаточно контрастное: автоморфные почвы элювиальных ландшафтов занимают всего 5,82% от площади водосбора, почвы трансэлювиальных и трансэлювиально-аккумулятивных ландшафтов – 66,91%, а почвы супераккумулятивных ландшафтов – 11,20%. Остальная часть территории отнесена к субаккумулятивному ландшафту (площадь водного зеркала).

Таким образом, своеобразие изучаемой депрессии определено значительным количеством факторов, суммарное действие которых создает уникальность почвенного покрова.

### Методы исследования

Основными методами исследования явились сравнительно-географический и лабораторно-аналитический. Было заложено четыре почвенно-геоморфологические катены в ЮЮЗ (8 разрезов), ССВ (8 разрезов), ЮВВ (7 разрезов) и ССЗ (5 разрезов) направлениях от озера протяженностью в среднем около 5 км. Изучение общих свойств почв проводилось по стандартным методам и методикам. Содержание тяжелых металлов и других элементов определено с помощью полуколичественного эмиссионного спектрального анализа в аккредитованной лаборатории Геоэкоцентра ГПИ «Березовгеология» г. Новосибирска.

Полученные результаты обрабатывались статистическими методами с использованием пакета прикладных программ STATISTICA 6.0 и Snedecor V.4.

### Результаты и их обсуждение

Разнообразие почв и их свойств в пределах депрессии во многом обусловлено рельефом, который является перераспределителем влаги и тепла, что ярко прослеживается для почв разных экспозиций. Различия в водном и температурном режимах на разных его элементах отражают неоднородность условий почвообразования и проявляются в различных почвенных сочетаниях и их составе. Специфичность условий находит свое отражение в формировании микрзон (при выделении структурных единиц использованы представления о

природных системах, разработанные Б.Б. Польшовым, А.И. Перельманом, М.А. Глазовской [7–9]), которые связаны сопряженными рядами почв.

Основную площадь на территории котловины озера Шира занимают черноземы, в частности – южные. Особенностью морфологического строения этих почв является красноватый тон почвенного профиля при развитии на красноцветных песчаных мергелях и сероватый – на известняках. Карбонаты встречаются с поверхности в виде пропитки, псевдомицелия, мелких конкреций, натеков и корочек на литоморфах, причем для разных экспозиций отмечена разность залегания карбонатного максимума.

Поступление химических элементов в почву определяется как антропогенными факторами, так и природными, что связано с их высвобождением из пород в результате выветривания, а также перемещением в результате миграционных процессов, сопровождающихся последующей трансформацией и (или) аккумуляцией их в почвенном профиле. Считается, что общий уровень концентрации рассеянных элементов в почвах степей зависит от их содержания в почвообразующих породах, которые, в свою очередь, сходны по геохимическому составу с коренными. Влияние пород может сглаживать даже различия, обусловленные почвообразовательным процессом, благодаря чему почвы разных типов, но развитые на одной породе, оказываются более сходными по количественному содержанию элементов и распределению их по профилю, чем почвы одного генетического типа, развитые на породах разного генезиса. Содержание в почвах микроэлементов (в том числе тяжелых металлов) является одним из показателей экологического состояния почв и почвенного покрова. Исходя из результатов полуколичественного эмиссионного спектрального анализа, позволяющего определить содержание ряда элементов, выявлено (их состав определен чувствительностью метода), что для исследуемой территории характерно наличие в количествах менее кларковых (использованы данные среднего содержания элементов по А.П. Виноградову в почве и земной коре) Ga, Be, Sn, Ag; в околоскларковых значениях – Y; значительно превышают кларки Sr, Li, As, Mo, Sc (тенденция к их повышенному содержанию может быть связана с металлогенической специализацией Назаровско-Минусинской котловины [10]).

В вертикальном распределении микроэлементов по почвенному профилю, как правило, резкая дифференцированность характерна для аллювиальных почв слоистого характера с гетерогенными свойствами горизонтов.

Для черноземов присуще слабое варьирование элементов в направлении от гумусового горизонта к почвообразующей породе, однако отмечается заметное накопление стронция и бария в горизонтах карбонатного характера. Это подтверждает приуроченность данных элементов к карбонатным минералам, что отмечалось и на других степных территориях [11, 12]. Горизонты скопления углекислых солей могут выступать в качестве геохимического барьера для многих микроэлементов, однако на общем щелочном фоне контрастность этих барьеров прослеживается слабо [13].

Таким образом, в почвах, гомогенных по некоторым свойствам почвенных горизонтов профиля (к примеру – по гранулометрическому составу, количеству карбонатов), отмечается достаточно равномерное распределение геохимиче-

ских составляющих с глубиной, в дифференцированных почвах различного генезиса (солончаки и др.) отчетливо выражены значительные колебания их содержания по вертикальному профилю.

Предложенные В.Б. Ильиным и А.И. Сысо [15] градации, составленные для оценки инактивирующих способностей почв в отношении к тяжелым металлам, позволяют охарактеризовать исследуемые почвы в пределах озерной котловины согласно выделенным критериям. Максимальной буферностью обладают почвы элювиальных ландшафтов, благодаря высокому содержанию физической глины (10 баллов из 20), гумуса (9 баллов из 9), карбонатов (15,5 баллов из 15,5), а также щелочной реакции среды (рН 7,7–8,0) (15 баллов из 15).

Почвы склонов (черноземы, лугово-черноземные) обладают меньшими способностями к нейтрализации тяжелых металлов, в основном, за счет меньшего количества гумуса (5 баллов). В пределах этих групп ландшафтов наиболее ярко прослеживается негативное влияние антропогенного фактора, под действием которого изменяются свойства почвы и, как следствие, снижается их буферный потенциал по отношению к этой группе элементов. К примеру, использование почв в качестве сельскохозяйственных угодий приводит к значительным потерям гумуса в связи с эрозионными и дефляционными процессами, в результате чего пахотные черноземы по этому показателю оценены только на 3,5 балла.

Изучение содержания элементного состава в совокупности с исследованием свойств почв предполагает, как правило, значительное количество результатов, обобщение и обработка которых, при существовании единой тенденции количественного описания изучаемых объектов и явлений, подтверждает сделанные в результате изысканий выводы либо позволяет выдвинуть предположения согласно полученным данным. По представлениям о статистическом законе распределения величин из всех изученных параметров наиболее близким к нормальному распределению обладает физическая глина, вследствие чего возникает предположение о компенсационном взаимовлиянии факторов, влияющих на ее количество в почвах депрессии.

При расчете преобладания тех или иных связей между почвенными и геохимическими переменными были выделены группы – почвенные горизонты и ландшафтные зоны – и рассчитаны значения корреляции по Спирмену.

Исходя из полученных данных для почвенных горизонтов, можно утверждать, что большая часть химических элементов в почвах (Mn, V, Ni, Co, Li, Yb, Cu, Be, Sc) связана с тонкодисперсными фракциями (ил, мелкая пыль). Связь Sr с потерей от HCl обусловлена приуроченностью к карбонатным новообразованиям, а подобные закономерности отмечены ранее [3, 7].

Для ряда элементов (Ba, Yb, Ga, Pb, Be, Sn) с глубиной наблюдается увеличение значимости связи с физическим песком, что, возможно, определено их входением в состав литоморфов. Большая часть этих микроэлементов (исключая свинец) относится к литофильным, т.е. составляющим основу вещества земной коры. Наличие положительных значимых связей с фракциями гранулометрического состава подтверждает их минеральное происхождение.

В группах объектов, разбитых по принципу ландшафтного деления, отмечается, что в автоморфных ландшафтах большую роль играет фракция

пыли (для всего набора горизонтов), особенно мелкой (коэффициент корреляции ( $r_s$ ) до 0,91), что характерно для V, Ni, Co, Nb, Li, Yb, Ga, Cu, Pb, Zn, Be, Sc, Sn, Ag. Для почв трансэлювиальных и трансэлювиально-аккумулятивных ландшафтов прослеживается положительная связь геохимических элементов, в основном, с илом, физической глиной и гумусом. На количественный элементный состав группы почв супераквального ландшафта значительное влияние оказывают физический песок и величина pH.

Положительная связь с величиной pH при отрицательной с карбонатами указывает, что, вероятнее всего, при высокой общей карбонатности почв, определяющей общую нейтральную и слабощелочную реакцию среды, на варьирование величины pH будет влиять состав легкорастворимых солей, о чем свидетельствует положительная связь  $\text{pH-CO}_3^{2-}$  и  $\text{pH-HCO}_3^-$ .

Использование в геохимии методов корреляционного анализа позволяет охарактеризовать особенности генезиса некоторых геохимических образований. На основании этого анализа выявлена слабая связь природы тяжелых металлов с испарением растворов: значения коэффициента корреляции между искомым элементом и стронцием (который является надежным индикатором испарительных аномалий в аридных условиях) статистически незначимы.

#### Выводы

1. Почвенный покров водосборной котловины озера представляет собой сочетания неполноразвитых почв вершин водораздела с почвами транзитных и транзитно-аккумулятивных позиций (среди которых преобладают черноземы южные) и аллювиальных почв приозерного понижения.

2. Большая часть химических элементов в почвах связана с тонкодисперсными гранулометрическими фракциями (Mn, V, Ni, Co, Li, Yb, Cu, Be, Sc), что подтверждает их минеральную природу. Генезис Mn, Co, Ni, Cu, помимо наследования из пород, связан с процессами биологического их накопления в гумусовом горизонте. Высокая корреляция содержания Sr с величинами потери от HCl и CO<sub>2</sub> карбонатов обусловлена его приуроченностью к карбонатным минералам.

3. Буферная способность почв озерной депрессии по отношению к тяжелым металлам характеризуется как повышенная и очень высокая (по общепринятым критериям), однако с учетом дополнительных факторов (присутствие почв с неполноразвитым профилем, низкая оструктуренность, общая каменистость почвенного покрова, нарушение растительного покрова) данная оценка снижается.

4. Разность в инактивирующих способностях почв ландшафтных микрозон озерной впадины определяется, в основном, количеством гумуса и физической глины, а также мощностью почвенных профилей.

5. По содержанию V, Ni, Pb, Zn, Cu выделяются две обособленные группы почвообразующих пород: красноцветные и некрасноцветные. Генетические горизонты почв А и В иногда четко не обособляются в этих группах из-за привноса тяжелых металлов с гранулометрическими фракциями, что в целом определяет геохимические особенности почв озерной депрессии.

*Литература*

1. *Водные ресурсы Ширинского района Республики Хакасия*. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1999. 171 с.
2. *Танзыбаев М.Г., Булатова Н.Ю.* Специфика черноземов Хакасии, формирующихся на известковых породах. Томск: И.Федоров, 2001. 160 с.
3. *Зональные системы земледелия ХАО*. Новосибирск, 1982. 204 с.
4. *Соловов А.П., Матвеев А.А.* Геохимические методы поисков рудных месторождений. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. 228 с.
5. *Худяев С.А.* Возможные причины различного содержания стабильного стронция в подземных и грунтовых водах на территории Новосибирской области // *Вестник Томского гос. ун-та*. 2005. № 15. С. 126–128.
6. *Фридланд В.М.* Структура почвенного покрова. М.: Мысль, 1972. 423 с.
7. *Польнов Б.Б.* Избранные труды. М.: АН СССР, 1956. 751 с.
8. *Перельман А.И.* Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа, 1966. 392 с.
9. *Глазовская М.А.* Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. М.: МГУ, 1988. 229 с.
10. *Шамшаева В.Ф., Кулижский С.П., Танзыбаев М.Г.* Топогенные закономерности распределения почв в озерных котловинах Хакасии // *Современные проблемы почвоведения в Сибири*. Томск: Томский гос. ун-т, 2000. Т. 2. С. 474–477.
11. *Ильин В.Б., Сысо А.И.* Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 227 с.
12. *Танзыбаев М.Г.* Почвы Хакасии. Новосибирск: Наука, 1993. 256 с.
13. *Формирование и свойства переветренных почв* / Под ред. Н.В. Орловского. М.: Наука, 1967. 204 с.
14. *Шамшаева В.Ф.* Почвы приозерных ландшафтов степной зоны Хакасии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Томск, 2003. 20 с.
15. *Ильин В.Б., Сысо А.И.* Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 227 с.

**Kulizhskiy Sergey P.<sup>1</sup>, Rodikova Anna V.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Biological institute of Tomsk State University, Tomsk, Russia*

<sup>2</sup>*Tomsk State Pedagogical University, Tomsk, Russia*

**GEOCHEMICAL DIFFERENTIATION OF SOILS OF THE HOLLOW  
OF LAKE SHIRA**

Results of researches of element structure of a soil cover and soils of Shirinsky island steppe on an example of modelling object – lake Shira depressions are discussed. Geochemical specificity of soils and factors, its defining is considered. The basic properties of the components composing soil combinations are studied. The variation of size of local geochemical norm in space that testifies to non-uniform distribution of elements within natural object – a lake hollow is revealed.

**Key words:** shirinsky island steppe; lake Shira; geochemical specificity of soils; lake hollow.