

УДК 504.53:549:631.4(470.56)

## МИНЕРАЛЫ И МИНЕРАЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕДИ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Черняхов В.Б., Щеглова Е.Г., Степанов А.С.

ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, e-mail: post@mail.osu.ru

В настоящее время геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых занимают важное место на всех стадиях геологоразведочных работ. Высокая эффективность и объективный характер геохимических методов поисков и оценки месторождений позволяют получать с их помощью надежные результаты в кратчайшие сроки и при значительной экономии средств. Месторождения меди Оренбургской области полностью обеспечивают сырьем местную цветную металлургию. Учитывая важность этих объектов, их всесторонне изучают. Особый интерес представляет вопрос о минералогическом составе почв на участках месторождений меди, который практически не изучен. Представлены данные по наиболее представительным месторождениям меди в восточной части Оренбургской области: Южно-Гайское медноколчеданное в Гайском рудном районе, Джусинское колчеданнополиметаллическое в Джусинском рудном районе, Весеннее серноколчеданное в Домбаровском рудном районе. Для проведения исследований была применена следующая группа методов: силикатный анализ на 14 компонентов, определение карбонатов по Голубеву, определение гипсов по Голубеву, петрографический анализ, микроморфологический анализ, минералогический анализ, электронный микроскопический анализ, термический анализ, рентгеноструктурный анализ. Полученные результаты свидетельствуют о наличии в профиле почв изучаемых месторождений следующих минералов: полевошпатовый кварц – основные; гранаты, ильменит, ставролит, хромит, магнетит – терригенные; гидрослюда, каолинит, монтмориллонит из числа глинистых минералов; гидроокислов железа, марганца, карбонаты меди из числа новообразований. Спектр минералов в почвенном покрове рассматриваемых участков полностью отвечает их составу в подстилающих корах выветривания или современных суглинков. На распределении перечисленных материалов по профилю почв сказываются неотектонические процессы и ксеротермичность климата.

**Ключевые слова:** месторождения меди, терригенные минералы, глинистые минералы, новообразования

## MINERALS AND MINERAL COMPOUNDS OF THE SOIL COVER, COPPER DEPOSITS IN THE EASTERN PART OF THE ORENBURG REGION

Chernyakhov V.B., Shcheglova E.G., Stepanov A.S.

Orenburg State University, Orenburg, e-mail: post@mail.osu.ru

Currently, geochemical methods of prospecting for mineral deposits occupy an important place at all stages of exploration. High efficiency and objective nature of geochemical methods of prospecting and evaluation of deposits allows to obtain reliable results in the shortest possible time and with significant cost savings. Copper deposits of the Orenburg region fully provides raw materials for local non-ferrous metals. Given the importance of these objects, they were comprehensively examined. Of particular interest is the question about the mineralogical composition of the soils in areas of copper deposits, which is practically not studied. Presents data on the most representative deposits of copper in the Eastern part of the Orenburg region: South Gai Gai massive sulfide in the ore district, Gusinskii caledonians in Jasinska ore district, Spring Dombarovsk pyrite in the ore district. The following group of methods was used for research: silicate analysis for 14 components, determination of carbonates by Golubev, determination of gypsum by Golubev, petrographic analysis, micromorphological analysis, mineralogical analysis, electron microscopic analysis, thermal analysis, x-ray diffraction analysis. The results indicate the presence in the soil profile of the studied deposits of the following minerals: feldspar and quartz – basic; garnet, ilmenite, staurolite, chromite, magnetite – clastic; hydromica, kaolinite, Montmorillonite among the clay minerals; the hydroxides of iron, manganese, Carbo-ordinates of copper from the number of tumors. Spectrum of minerals in the soil cover of the considered parcel is in their composition in the underlying weathering crust or a modern loam. The distribution of these materials in the soil profile affected by neotectonic processes and xerothermic climate.

**Keywords:** copper deposits, terrigenous minerals, clay minerals, neoplasms

Цветная металлургия Оренбургской области полностью обеспечивается медью за счет собственных месторождений. На востоке области имеется даже целый ряд районов месторождений меди: Медногорский, Гайский, Джусинский, Домбаровский, Светлинский, разработка которых ведется более полувека [1].

Представляет интерес на примерах более представительных месторождений рас-

смотреть минералогию почвенного покрова основных ландшафтно-геохимических участков этих месторождений: Южно-Гайского в Гайском рудном районе, Джусинского в Джусинском рудном районе, Весеннего в Домбаровском рудном районе [1, 2].

Целью данного исследования является изучение минералов и минеральных соединений почвенного покрова месторождения меди Оренбургской области.

Лабораторные исследования материалов,  
полевых работ и минералогических опробований

№ п/п	Вид исследования	Количество отобранных проб / шлифов
1	Силикатный анализ на 14 компонентов	69
2	Определение карбонатов по методике Голубева	321
3	Определение гипсов по методике Голубева	122
4	Петрографический анализ	240
5	Микроморфологический анализ	43
6	Минералогический анализ	110
7	Электронный микроскопический анализ	34
8	Термический анализ	87
9	Рентгеноструктурный анализ	20

### Материалы и методы исследования

Здесь и были проведены наши полевые работы и минералогическое опробование. Лабораторные исследования полученных материалов включали исследования, представленные в таблице.

*Южно-Гайское месторождение* расположено в 4 км к югу от современного г. Гая.

На территории Южно-Гайского месторождения сложилась достаточно сложная ландшафтно-геохимическая обстановка благодаря изрезанности рельефа [3]. От краевых приподнятых частей к центру депрессий между ними происходит смена ортоэлювиального-параэлювиального-супераквального ландшафтов.

Большая часть территории Южно-Гайского месторождения представлена параэлювиальным ландшафтом, сложенным отложениями мезокайнозойского возраста. Для указанного ландшафта наиболее типичными являются черноземы южные в комплексе с солонцово-солончаковыми разновидностями. Для почв в этом случае характерен полноразвитый профиль, где содержание гипса не превышает 0,02%.

Мелкозернистая фракция этих почв – кварц (50%), полевой шпат (10%). В наибольшем количестве по сравнению с другими терригенными минералами находятся ильменит и эпидот. Уменьшение стабильных минералов с глубиной происходит следующим образом: ильменита в городе А до 6,5% в городе С до 1,5%; циркона до 13,2 и 4,7 соответственно. Отмечается хромит – 10,0%, магнетит 10,0%.

Обратное явление было выявлено для нестабильных минералов: их количество существенно возрастает на глубине до следующих отметок: эпидот в городе А до 23,2%, в городе С до 30,6%; гранат до 5,2 и 7,0% соответственно. Кроме этого, нами

было обнаружено, что хлорит и глауконит в городе С остаются.

### Результаты исследования и их обсуждение

В мелкой фракции этих почв, а также на прилегающих территориях преобладает монтмориллонит. Данное утверждение подкрепляется данными анализа силикатов (отношение диоксида кремния к полуторным оксидам составляет более 4), а также результатами исследований предельной гигроскопичности (предельное поглощение влаги наблюдается в интервале от одних до четырех суток).

Микроморфологический анализ глин показал, что грубообломочная часть представлена кварцем, полевым шпатом. Тонкодисперсная часть (60%) находится в виде агрегатов. Последние неправильной, но в целом изометричной формы. Часть агрегатов имеет пустоты в центре. В тонкодисперсной массе также встречаются пустоты размером до 1 мм. Хорошо развита сложная система сообщающихся пор размером от 0,03 до 0,2 мм. Глина скоагулирована карбонатами. Последние имеют криптористаллический облик и равномерно распространены по всей массе глины. Встречаются кристаллы гипса вытянутой и ромбической формы. Размер кристаллов 0,5–0,8 мм, иногда крупнее. Приурочены они в основном к трещинам.

В минеральном составе преобладает легкая фракция – 95%. В составе легкой фракции основным компонентом является кварц – 75%. Минерал окатанный или угловато-окатанный, в отдельных зернах отмечаются игольчатые включения турмалина и циркона. Вторым по распространенности – 10% является плагиоклаз кислого состава, серицитизированный, форма угловатая. Да-

лее следует хлорит – 5%, форма – чешуйки, иногда округлые, цвет зеленовато-желтый. Остальное 15% – это слабодиспергированная масса. Тонкодисперсная часть не имеет четко выраженного минералогического облика и состоит из смеси гидрослюды, монтмориллонита и каолинита.

Новообразования особенно богаты гидроксидами железа и марганца. Их формы очень разнообразны. Их количество становится больше с глубиной. Кроме вышеуказанного, необходимо упомянуть о криптокристаллическом кальците. Он способствует коагуляции тонкодисперсной части.

Включения кальцита округлой и овальной формы обусловлены растительными остатками, которые этот минерал выполняют. В изобилии отмечается гипс, привнесенный грунтовыми водами. Марганцовистые (железистые) новообразования представлены дендритами, реже округлыми образованиями, мелкими натечными включениями. Размер зерен гидроокислов до 0,2 мм.

Соотношения в почвенном профиле стабильных и неустойчивых минералов указывают на зрелость верхних горизонтов [2]. Данное утверждение подтверждается корреляцией профиля оксида кремния и полуторных окислов, который в городе А снижается с 7,8 до 6,3 в городе С.

Максимальное содержание карбонатов – 13,19% наблюдается на глубине примерно в 200 см, гипс обнаруживается глубже.

Наличие карбонатов – типичный признак четвертичных глин. В почвах этих видов их содержание одинаково высокое.

В мелкообломочной фракции здесь преобладают кварц и полевой шпат в виде плохого, реже среднеокатанных зерен. Отдельные зерна кварца достигают 0,8 мм. Обломки кварцита еще больше – до 1,0 мм. Продолжает уменьшаться доля устойчивых минералов: ильменита – 1,5%, циркона – 4,7% и т.д. Доля неустойчивых минералов растет: эпидота – 30,6%, граната – 5,2% и т.д. Указанная закономерность свидетельствует о большей зрелости почв. Среди минералов в рассматриваемом горизонте сохранились такие, как глауконит, малахит, хлорит и т.д.

С целью установления состава глинистых минералов, были исследованы термическим и рентгеноструктурным анализами, суспензии сфотографированы на электронном микроскопе. Одновременно пробы подверглись силикатному анализу. На основании этих материалов можно сделать вывод, что в сравнении с нижележащими мезокайнозойскими образованиями глины

почв имеют менее сформированный минеральный облик. Их диагностику к тому же затрудняют многочисленные примеси (органические соединения, солевые новообразования и т.п.). По совокупности аналитических данных можно сказать, что преобладающая часть глин представлена минералами монтмориллонитовой группы. В подчиненном отношении находятся гидрослюды и каолинит. О преобладающем значении монтмориллонита говорят также данные силикатного анализа. Этот же факт подтверждается высоким значением емкости поглощения данных почв. Минеральный состав тонкодисперсной фракции почв свидетельствует об относительной молодости рассматриваемых образований и об их формировании в условиях засушливого климата.

Обширное развитие в условиях параэлювиального и связанных с ним ландшафтов имеют солончаковые почвы. Монтмориллонит присутствует также был обнаружен в этих почвах.

Супераквальный ландшафт типичен для центральной и юго-восточной частей области исследования. Озеро Купоросное можно назвать наиболее интересным в этой области. Несмотря на близость к поверхности подземных вод, в этой области не было постоянного заболачивания. Почва и растительность здесь очень сложны. Луговые и лугово-болотные почвы имеют небольшую толщину, развитую на промытой глине и песке. Они представлены торфяно-иловым материалом с множеством переплетенных древесных корней и остатками травяной растительности. Вся масса насыщена гипсом. Содержание карбоната не превышает 0,1%, рН почвы уменьшается до двух. В этих условиях Си и другие рудные элементы не концентрируются в больших количествах и продолжают следовать дальше. Результаты исследований показали наличие корок квасцов и солей сульфатов имеющих желтоватую или красноватую окраску. Помимо вышеуказанного, в грунте, вблизи озера и на его берегах, обнаружены следующие оксиды: Fe, Al, Mg. В отличие от ранее исследуемых, в этих почвах были обнаружены гипергенные рудные минералы (малахит), количество которых увеличивается с глубиной.

В условиях ортоэлювиального ландшафта на молодых корках выветривания развиты не до конца сформированные, щебневатые виды чернозема. С глубиной в них увеличивается содержание щебня. В минеральной

части больше всего обнаруживается фрагментов коренных пород. Мелкодисперсная фракция представлена гидрослюдой. Помимо этого, можно отметить достаточно высокое содержание гидроксидов железа, что объясняется большим количеством минерала пирита в подстилающих породах.

*Джусинское колчеданнополиметаллическое месторождение* расположено в 3 км к югу от станции Тересай.

Вследствие того, что Джусинское месторождение располагается в пределах зоны южных черноземов, здесь сформировался определенный тип растительности. Еще один немаловажный фактор – река Джуса. По данному району она движется и меандрирует в направлении с севера-востока на юго-запад. Это способствует накоплению аллювиальных отложений. Здесь наблюдается ортоэлювиальный ландшафт с сильно колеблющимся аллювиальным покрытием. Вместе это определяет разнообразие почвенного покрова. Это дополняется значительным солончаком и щелочностью, которая имеет сложное происхождение. Первую роль играет южная черноземная почва, подчиненная роль связана с болотными лугами [4, 5].

Более эродированным является северо-западный район месторождения. Границы ландшафта на маломощном элювии (около 0,2 м) обладают вытянутой формой по простиранию пород, наиболее стойких к выветриванию. Границы последних обрамляют ландшафты толщиной до пяти метров и более корой выветривания. В общем ортоэлювиальные ландшафты занимают не менее 30% площади вышеуказанного участка.

Северо-западную часть участка представленного ортоэлювиальным ландшафтом и характерными для него южными маломощными черноземами [6, 7].

При общей текстуре, ориентированной на профиль текстуры в городе С показывает максимальное содержание глины, что составляет 69,1 процента.

Второй наиболее распространенный тип ландшафта – супераквальный. Данный тип ландшафта включает в себя понижения, поймы. Почвы здесь следующие: луговые, болотные, и т.д.

Содержание солей в разрезе сравнительно маленькое: карбонат около 1%, гипса – 0,13%, расположенный ниже.

Из-за снижения уровня воды возник современный пятнистый вид почвы, когда соли были распределены по микро и мезоуровням. Эрозионные процессы также вы-

звали перераспределение компонентов почвы, как соли, так и минерала.

*Весеннее серноколчеданное месторождение*, расположено в 4 км южнее района Домбаровки.

Почва здесь тонкая из-за значительной эволюции эрозии. Она обнажил почву до иллювиальной горизонта соли и привел к обширному развитию пятен солонца и солончака. Окрашивание последнего связано с перераспределением влаги, источником солей в микро- и мезорельефных элементах. Эрозионные процессы и значительное содержание соли ухудшили физические свойства почвы и условия роста растений.

Наследуя каолиновый, реже монтмориллонитовый состава основной коры выветривания, тонко измельченная часть почвы представлена смесью этих минералов. Этот факт подтверждают данные теплового анализа и размер молекулярного отношения диоксида кремния к полуторным оксидам. Последние очень сильно изменяются. В верхних горизонтах почвы содержание двуоксида кремния удваивается из-за почвы, которая была недавно обработана.

Вместе со стабильной окисью кремния в городе А накапливается FeO. В городе С движутся более подвижные полторы оксидов алюминия и железа [1]. Содержание  $Al_2O_3$  удваивается,  $Fe_2O_3$  увеличивается в 5 раз. CaO накапливается в нижнем горизонте в количестве 2,42%. В нижних горизонтах сосредоточены гипсы. Рост данных соединений вниз по разрезу было аналогично обнаружено в минералогических анализах.

Кроме вышеперечисленного, исследования проводились и на участках почв с малой мощностью. Было обнаружено, что их основной состав – лимонит, кварц и эпидот. В меньших количествах найдены: рутил, кианит, силлимонит. Важно также упомянуть про наличие хромита. В почвах участка часто наблюдается повышенное содержание хрома.

Около 20% участка занято органическим материалом в виде редких участков крупной растительной ткани и главным образом аморфным темно-коричневым материалом. Широко распространены округлые поры каолинита и мелкозернистый кальцит по периферии; в некоторых случаях они полностью представлены агрегатами кальцита. Кальцит в разных вариантах поглощает до 5% тонкой секции. Наблюдается ожелезнение.

Все небольшие впадины в рельефе подстилающих пород (коры выветрива-

ния) покрыты тонким выщелоченным песчано-суглинистым материалом. На этих породах развиваются темные каштаново-коричневые, средние по мощности, солонцеватые почвы.

Образование почвенного покрова исследуемого участка идет уже давно и соответствует четвертичному периоду. Такое продолжительное время их образования опровергается морфологическим описанием и информацией о составе вышеупомянутых почв. Естественные процессы регионального плана в условиях данной области усугублялись влиянием ветровой и водно-эрозионной сил. Эти явления не только определяют минеральный вид, но также и их солевой состав. Физический и химический виды выветривания поспособствовали переносу солевой массы из разрушенного субстрата в почвенный покров. Климат, эрозия, а также высокий уровень грунтовых вод в прошлые геологические эпохи увеличили соленость почвы. В том же направлении оказывали влияние и осадки.

В конечном итоге это привело к широкому развитию комплексов солонцеватых почв.

#### Выводы

1. На участках месторождения меди в восточной части Оренбургской области фиксируются все основные типы геохимических ландшафтов либо на древних корках выветривания, либо на современных четвертичных отложениях.

2. Минералогический состав почвенного покрова полностью наследует состав подстилающих пород.

3. Основными минералами почвенного покрова остаются кварц и полевошпатовые минералы; гранат, ильменит, магнетит, ставролит, хромит, эпидот из числа терригенных минералов; каолинит, монтмориллонит, гидрослюда из числа глинистых минералов; гидроокислы железа, марганца из числа новообразований.

4. На распространение минералов и минеральных соединений по профилю почв участков существенное влияние оказывают неотектонические процессы и ксеротермичность климата.

#### Список литературы / References

1. Байкенова Ю.Г., Байкин Ю.Л. Эффективность технологий экогеохимической рекультивации почв (ТЭРП), загрязненными тяжелыми металлами (ТМ) // *Аграрный вестник Урала*. 2015. № 4. С. 10–14.

Baikanova Yu.G., Baykin Yu.L. Efficiency technologies environmental and geochemical soil reclamation (ETSR), contaminated with heavy metals (TM) // *Agrarian bulletin of the Urals*. 2015. № 4. P. 10–14 (in Russian).

2. Черняхов В.Б., Щеглова Е.Г. Геохимические ореолы медноколчеданных месторождений Оренбургского Урала. Оренбург: ОГУ, 2015. 353 с.

Chernyakhov V.B., Shcheglova E.G. Geochemical halos of copper-plated of fields of the Orenburg Urals. Orenburg: OGU, 2015. 353 p. (in Russian).

3. Гусев Н.Ф., Филиппова А.В., Трубников В.В., Немешина О.Н. Содержание тяжелых металлов в сырье тысячелетника обыкновенного в зоне влияния Гайского горно-обогатительного комбината // *Известия ОГАУ*. 2015. № 8. С. 218–220.

Gusev N.F., Filippova A.V., Trubnikov V.V., Amerasia O.N. The content of heavy metals in raw materials yarrow in the zone of influence of the Gaysky mining and processing plant // *Izvestiya OGAU*. 2015. № 8. P. 218–220 (in Russian).

4. Черняхов В.Б., Куделина И.В. Экологически опасные элементы в почвенном покрове Джусинского месторождения // *Многопрофильный университет как региональный центр образования и науки: материалы Всероссийской научно-практической конференции*. Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2009. С. 1939–1944.

Chernyakhov V.B., Kudelina I. V. Ecologically dangerous elements in the soil cover of the Dzhusinskoye field // *Multidisciplinary University as a Regional center of education and science: materials of the all-Russian scientific-practical conference*. Orenburg: IPK GOU OGU, 2009. P. 1939–1944 (in Russian).

5. Куделина И.В., Панкратьев П.В., Донецкова А.А. Оценка экологического состояния почвенного покрова и подземных вод Джусинского месторождения // *Проблемы региональной экологии*. 2011. № 5. С. 19–23.

Kudelina I.V., Pankratiev P.V., Donetskova A.A. Assessment of the ecological state of soil cover and groundwater Rusinskogo field // *Problems of regional ecology*. 2011. № 5. P. 19–23 (in Russian).

6. Шафигуллина Г.Т., Удачин В.Н., Филиппова К.А., Аминов П.Г. Геохимические характеристики техногенных почв горнопромышленных ландшафтов Южного Урала // *Вестник академии наук Республики Башкортостан*. 2015. Т. 20. № 4. С. 93–101.

Shafigullina G.T., Udachin V.N., Filippova K.A., Aminov P.G. Geochemical characteristics of technogenic soils of mining landscapes of the southern Urals // *Herald of the Academy of Sciences of Republic of Bashkortostan*. 2015. V. 20. № 4. P. 93–101 (in Russian).

7. Зыбалов В.С., Попкова М.А. Влияние тяжелых металлов на агрохимические показатели почв Южного Урала // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия»*. 2018. Т. 10. № 2. С. 33–40. DOI: 10.14529/chem180204.

Zybalov V.S., Popkov M.A. Influence of heavy metals on agrochemical parameters of soils of the southern Urals. *Chemistry Series*. 2018. Vol. 10. № 2. P. 33–40 (in Russian).