

Микроэлементы в дикорастущем травостое Джусинского колчеданно-полиметаллического месторождения

*В.Б. Черняхов, к.г.-м.н., Е.Г. Щеглова, к.б.н.,
ФГБОУ ВО Оренбургский ГУ*

Джусинское месторождение расположено к югу от железнодорожной станции Теренсай Адамовского административного района Оренбургской области. Сейчас оно отрабатывается для нужд Гайского ГОКа [1]. Распределение микроэлементов как в почвообразующих породах, так и в почвенном покрове участка месторождения изучено достаточно подробно [2, 3].

Материал и методы исследования. Целью данного исследования являлось изучение распределения микроэлементов в дикорастущем травостое участка месторождения.

Задача, поставленная перед исследованием, заключалась в оценке соответствия спектра микроэлементов в растительном покрове спектру микроэлементов в исходном рудном объекте и почвенном субстрате, на котором произрастает эта растительность.

Методика исследования полностью соответствует действующим инструктивным указаниям и описана в ранее опубликованных работах [4, 5].

Результаты исследования. Судя по полученным данным, характер почвенного покрова Джусинского месторождения определяется его положением в зоне южных чернозёмов и наличием крупной водной артерии – р. Джусы, пересекающей участок с северо-востока на юго-запад. Пенепленезированный характер участка обусловил значительное меандрирование реки и наличие широкой гаммы аллювиальных отложений, свойственных равнинным рекам. К руслу реки с севера близко подступают контуры ортоэлювиальных ландшафтов с резко переменной мощностью элювиального покрова. В совокупности это определило пестроту почвенного покрова. Последнее усугубляется значительной солонцеватостью и солончаковостью, имеющей сложный генезис. Преобладающая роль принадлежит чернозёмам южным, подчинённая – лугово-болотным разностям. Наиболее эродированной является северо-западная часть участка. Контуры ландшафтов на маломощном элювии (0,2 м) имеют вытянутую форму согласно простиранию пород, наиболее устойчивых к выветриванию. Последние

обрамляются участками с корой выветривания мощностью до 5 м и более. В общей сложности ортоэлювиальные ландшафты охватывают не менее 30% площади рассматриваемого участка.

Как почвообразующие породы, так и сами почвы на участке месторождения характеризуются повышенным содержанием элементов: надрудных — Pb, Ag, рудных — Cu, Zn и подрудных — Co, Mo, свойственных соответствующим срезам рудных тел рассматриваемого месторождения.

Расположение рудных тел под перекрывающими экранирующими речными отложениями привело к тому, что значительная часть рудных элементов благодаря сорбции, хемосорбции оказались прочно закреплёнными. В итоге ореолы рудных элементов в почвенном покрове участка оказались маловыразительными, что затруднило обнаружение рудных тел. Исключением является только молибден. Именно по потоку этого элемента и было обнаружено месторождение.

Водораздельные и склоновые части изучаемого участка покрыты разнообразной по видовому составу растительностью — ковыльно-полынно-разнотравными (*Stipa capillata*, *Artemisia austriaca*, *Festuca ovina*, *Thymus serpyllum*, *Diantus campestris*, *Phlomis tuberosa*) ассоциациями. Степень покрытия здесь не превышает 40%. Растения весьма низкорослые.

В пределах контура рудного тела месторождения, несмотря на близость реки, растительность очень плохо развита и представлена преимущественно ковылём (*Stipa pennata*) и полынью (*Artemisia austriaca*). Степень покрытия снижается до 20%.

Русло реки покрыто *Typha angustifolia*, *Scirpus lacustris*. Свободное пространство реки представлено отдельными блюдцами.

Восточная часть участка — низкая песчаная терраса, покрытая *Stipa pennata*, *Artemisia austriaca*, *Festuca ovina*, *Thymus serpyllum*. Растительность низкорослая, выбитая. Степень проектного покрытия — 40%.

На площадках гербаризации растений повышенная минерализация пород палеозоя обусловила превышение над кларками рудных элементов всего рассматриваемого комплекса в почвообразующих породах. Особенно велики оказались превышения по меди и кобальту. В пределах самого рудного поля превышение над кларками ещё более ощутимо, особенно для элементов, свойственных полиметаллическим месторождениям: для свинца превышение достигает 5,5, для цинка — 2,4 и т.д. В почвенном покрове, наследующем состав подстилающих пород, вышеизложенные закономерности сохраняются.

Растительность, наследующая состав питающей среды почвообразующих пород и почвенного покрова, также несёт повышенное относительно кларков содержание меди, цинка, свинца, серебра, молибдена (рис.). В эту группу вошли элементы,

обладающие высокими и средними миграционными способностями, за исключением свинца. Повышенное содержание в растениях последнего следует связать с полиметаллическим составом руд рассматриваемого месторождения. Элементы, завершающие ряды миграции — барий и кобальт, содержатся в растениях в количествах, близких к кларкам.

В условиях рудного поля среднее содержание элементов в растениях относительно кларков составляет: Cu — $p,0 \cdot 10^{-3}\%$, в опробованных растениях на участке в контуре рудного тела существенно возрастает — до $24,0 \cdot 10^{-3}\%$, Zn — $n,0 \cdot 10^{-3}\%$ и $60,0 \cdot 10^{-3}\%$, Pb — $0,п \cdot 10^{-3}\%$ и $6,0 \cdot 10^{-3}\%$, Ba — $10п \cdot 10^{-3}\%$ и $50 \cdot 10^{-3}\%$, Ag — кларк не установлен, в условиях участка — $3,0 \cdot 10^{-3}\%$, Co — $0,п \cdot 10^{-3}\%$ и $1,5 \cdot 10^{-3}\%$, Mo — $0,п \cdot 10^{-3}\%$ и $1,3 \cdot 10^{-3}\%$ соответственно.

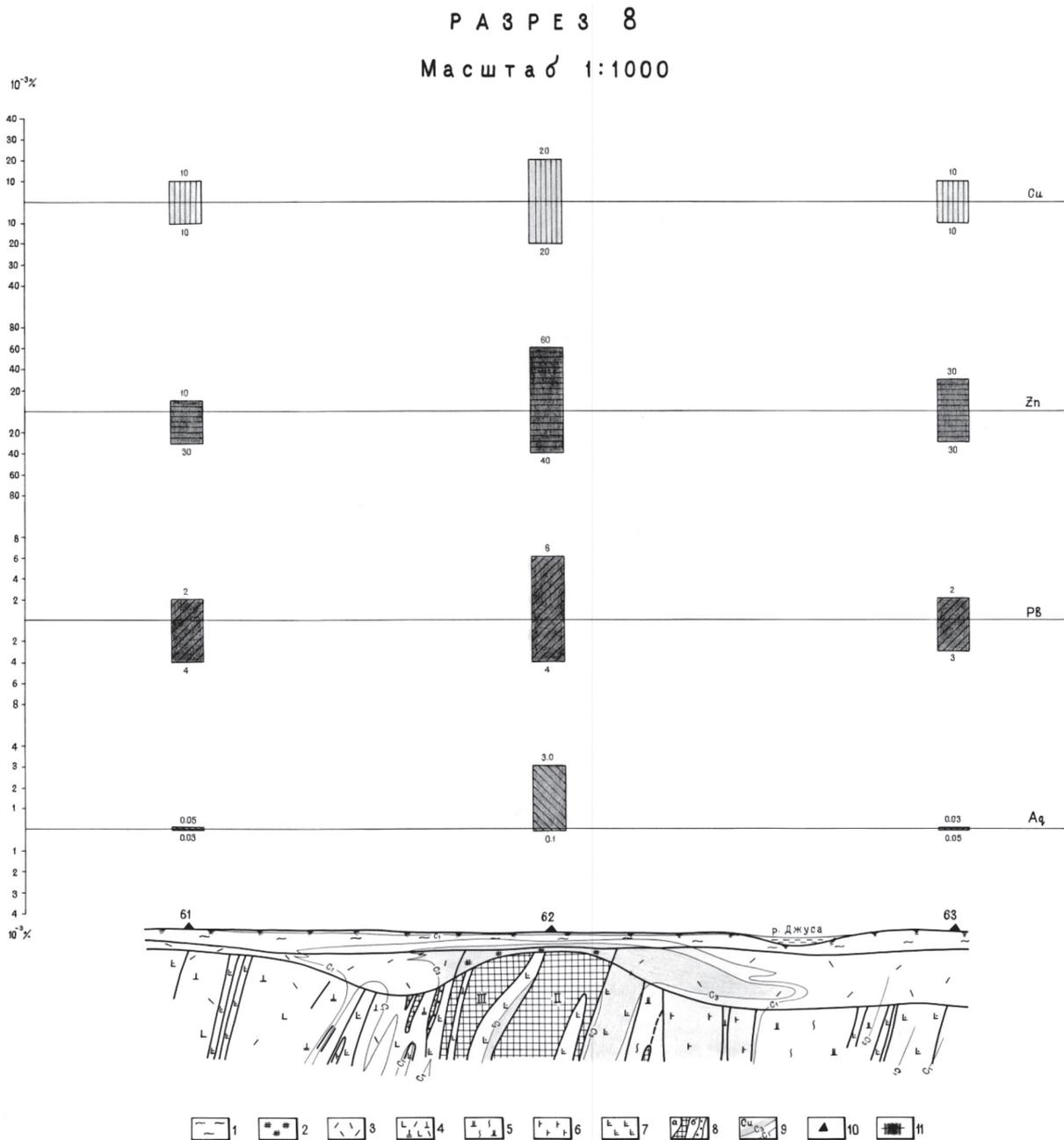
О распределении рудных элементов в сопряжённых компонентах ландшафта позволяют судить коэффициенты аномальности, рассчитанные по усреднённым данным для площадок опробования (табл.). В почвообразующих породах к элементам, имеющим максимальные коэффициенты аномальности, относятся Pb и Zn — типоморфные для колчеданно-полиметаллических месторождений.

В почвах над рудными телами накапливаются Mo и Zn, т.е. элементы, обладающие наибольшей проникающей способностью в условиях перекрытых объектов Южного Урала.

В растительности, наоборот, во главе рядов аномальности стоит Ag ($K_a = 75,0$), т.е. элемент, обладающий максимальной миграционной способностью в условиях щелочной среды из рассматриваемого нами комплекса и высокой концентрирующей способностью растений при биологическом поглощении.

В стеблях злаков во главе ряда стоит Mo ($K_a = 5,0$). При меньшей миграционной способности, чем у Ag, он имеет столь же высокую энергию биологического накопления. Заканчивают ряды K_a Co и Ba — элементы с минимальной миграционной способностью в рассматриваемых условиях. Ряд коэффициентов аномальности для стеблей *Artemisia austriaca* имеет некоторые особенности, проявляющиеся в повышении K_a у Pb, обладающего ограниченной миграционной способностью, что обусловлено наличием на месторождении полиметаллических руд.

Ранее при сопоставлении с кларками содержания элементов в породах и почвах отмечалась близость последних. Об отсутствии разбалансировки в составе и содержании рудных элементов между породами и почвами свидетельствует ряд, построенный по отношениям рудных элементов в них. В корнях растений относительно пород и почв наблюдаются существенные изменения в балансе элементов. В условиях нормального поля в корнях растений накапливается преимущественно Zn, в условиях рудного поля — Ag ($K_{гн} = 15,0$), Cu



1-аллювиальные песчано-глинистые отложения-Q_{III-IV}; 2-зона окисления; 3-кора выветривания нерасчленённая; 4-порфириты дацитового и андезито-дацитового состава и их лабобрекчии, липариты-Д₂е-дркп; 5-кварц-серицитовые породы и сланцы; 6-диориты, диоритовые порфириты; 7-габбро-диабазы; 8-руды: а) медные и полиметаллические сплошные, б) медные и полиметаллические вкрапленные; 9-ореолы меди в подстилающих породах, в изобероятностных линиях; 10-площадки гербаризации; содержание меди, цинка, свинца, серебра в золе стеблей и корней полыни.

Рис. – Содержание меди, цинка, свинца, серебра в растительной среде Джусинского колчеданно-полиметаллического месторождения

($K_{\text{оп}} = 4,6$) и ряд других элементов. Наименьшее накопление характерно для Со, как элемента подрудного среза.

В стеблях относительно пород в условиях рудного поля у *Artemisia austriaca* K_a Ag достигает 150,0. По-прежнему накапливается Cu, а также Zn. Заканчивает ряды Со.

В стеблях относительно корней наблюдается дальнейшее обогащение серебром (для *Artemisia austriaca* в условиях рудного поля K_a составляет 30).

Ag является базипетальным элементом, что было прослежено и на других объектах территории. К акропетальным элементам относятся Cu, Mo, Со, т.е. элементы средней и низкой миграционной способности в условиях нейтральной среды.

В *Artemisia austriaca* относительно *Stipa lessingiana* наиболее высоким коэффициентом аномальности характеризуется Ag – 10,0. Вторым по значимости является Мо. K_a большинства элементов в растениях ниже, чем в остальных сопряжённых средах.

Ряды коэффициентов аномальности рудных элементов в стеблях и корнях растений, почвах и почвообразующих породах Джусинского месторождения

Объект	Ряды коэффициентов аномальности
Стебли <i>Stipa lessingiana</i> <i>Artemisia austriaca</i>	Mo 5,0 > Ag 3,3 > Cu 2,5 > Pb 1,6 = Ba 1,6 > Co 1,1 > Zn 1,0 Ag 75,0 > Pb 3,0 > Mo 2,7 > Cu 2,5 > Zn 2,4 > Co 1,1 > Ba 1,0
Корни <i>Stipa lessingiana</i> <i>Artemisia austriaca</i>	Ag 6,0 > Co 2,0 > Mo 1,8 > Cu 1,6 > Pb 1,0 = Ba 1,0 = Co 1,0 Ag 2,0 = Cu 2,0 > Mo 1,3 > Zn 1,0 = Pb 1,0 = Ba 1,0 = Co 1,0
Почвы Почвообразующие породы	Mo 2,0 > Zn 1,7 > Co 1,5 > Cu 1,4 > Pb 1,0 = Ba 1,0 = Ag 1,0 Zn 2,0 > Pb 1,8 > Cu 1,5 > Ba 1,1 = Co 1,1 > Ag 1,0 = Mo 1,0

Это обусловлено экранирующими ландшафтно-геохимическими условиями на участке. Несмотря на это, глубоко проникающие корни растений способны поглощать из подпитывающих вод и вмещающих их сред практически беспредельное количество Ag, обуславливая исключительно высокие коэффициенты аномальности этого элемента – до 75 (табл.).

Выводы. Растительный покров, как и почвенный, полностью наследует весь спектр элементов-индикаторов исходных рудных тел и их первичных ореолов.

Полиметаллический состав руд проявился в существенном превышении в растительном покрове Pb и Zn относительно других элементов.

Элементы, завершающие ряды миграции, содержатся в растениях в пониженных значениях.

Максимальное накопление в растительном покрове участка характерно для Ag, как и на других месторождениях изучаемой территории.

Литература

1. Гайский ГОК. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2004. 148 с.
2. Черняхов В.Б. Минералого-геохимическая характеристика коры выветривания на Джусинском колчеданно-полиметаллическом месторождении / В.Б. Черняхов, И.В. Куделина, М.В. Фатюнина, Т.В. Леонтьева // Университетский комплекс, как региональный центр образования, науки и культуры. Оренбург: ОГУ, 2013. С. 892–899.
3. Черняхов В.Б., Куделина И.В. Экологически опасные элементы в почвенном покрове Джусинского месторождения // Многопрофильный университет как региональный центр образования и науки. Оренбург: ОГУ, 2009.
4. Инструкция по геохимическим методам. М.: Недра, 1983. 132 с.
5. Черняхов В.Б., Щеглова Е.Г. Основные параметры распределения меди в растительном покрове Яман-Касинского медноколчеданного месторождения // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (59). С. 167–171.