

ГЛОБАЛЬНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КРИЗИС: МИФЫ И РЕАЛЬНОСТЬ

УДК 553.43(470.56):581.5:669.018.674
ББК 26.325

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

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В РАСТИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ НА УЧАСТКАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕДИ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

*Рассматриваются закономерности распределения элементов типоморфного комплекса, характерных для месторождений меди в восточной части Оренбургской области. Цветная металлургия области полностью обеспечивается рудами своих месторождений. Однако многие из них выработаны и требуют проведения их поисков с помощью оперативных и недорогих методов. Значительную помощь здесь могут оказать геохимические методы, в том числе и биогеохимические. Рассматривается содержание рудных элементов в почвообразующих породах, почвенном покрове и растительной среде, характерных для участков месторождения меди в рудных районах области: Медногорском, Гайском, Джусинском, Домбаровском. Наибольший интерес здесь представляют месторождения этих рудных районов: Яман-Касинское в Медногорской рудном районе, Южно-Гайское в Гайском рудном районе, Джусинское в Джусинском рудном районе, Весеннее в Домбаровском рудном районе. Изучен широкий круг рудных элементов в кустарниковых, полукустарниковых и травянистой растительности в надземной и подземной частях этих растений. Описана методика полевых и лабораторных исследований, примененная авторами при биогеохимическом отработывании. Изложены результаты, полученные по элементам: свинец и серебро, медь и цинк, кобальт и молибден, свойственных для надрудных, рудных и подрудных срезов вышеперечисленных месторождений. Констатируется изменение окраски цветов у *Veronica incanta* при содержании меди в почвенном покрове $50 \times 10^{-3}\%$ на участке месторождения Яман-Каса. И в то же время прекрасное состояние травостоя при содержании меди до $1000 \times 10^{-3}\%$ на Южно-Гайском месторождении на участке Купоросного озера. Отмечается повсеместное наличие высоких содержаний Ag в растительном покрове всех типов месторождений, причем коэффициент аномальности этого элемента достигает величин 100 (Весеннее месторождение). Установлено высокое содержание Mo на Джусинском месторождении, Zn на Весеннем месторождении, по которым при геохимических поисках и были открыты эти месторождения. В выводах указывается, что, несмотря на высокие содержания рудных элементов в растительности относительно их содержания в почвенном покрове, целый ряд обстоятельств все же заставляет отдавать предпочтение проведению поисков по почвенному покрову, как более оперативному, простому и не дорогому.*

Ключевые слова:

злаки, месторождения меди, полины, типоморфный комплекс элементов.

Черняхов В.Б., Щеглова Е.Г., Степанов А.С. Тяжелые металлы в растительной среде на участках месторождений меди Восточной части Оренбургской области // Общество. Среда. Развитие. – 2018, № 4. – С. 120–124.

© Черняхов Валентин Борисович – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Оренбургский государственный университет, Оренбург; e-mail: lrodigina@yandex.ru

© Щеглова Елена Григорьевна – кандидат биологических наук, доцент, Оренбургский государственный университет, Оренбург; e-mail: lrodigina@yandex.ru

© Степанов Алексей Сергеевич – кандидат технических наук, заведующий кафедрой геологии, Оренбургский государственный университет, Оренбург; e-mail: lrodigina@yandex.ru

Месторождения меди в восточной части Оренбургской области являются основными из числа разрабатываемых в настоящее время. Они представлены всеми

видами руд: медноколчеданными, колчеданнополиметаллическими, колчеданноредкометаллическими, серноколчеданными. Размеры их запасов – от гигантских до малых. Все они сопровождаются первичными и вторичными ореолами типоморфных комплексов элементов во всей цепи сопряженных природных сред: породах палеозоя – корах выветривания – отложениях мезокайнозоя – почвенном покрове – растительной среде и природных водах – главном агенте их формирования [1; 5].

Материалы и методы

Ниже рассматриваются результаты исследований растительной среды. Отобраны четыре типичных месторождения: Яман-Касинское (Медногорский рудный район), Южно-Гайское (Гайский рудный район), Джусинское (Джусинский рудный район), Весеннее (Домбаровский рудный район). Приводятся данные по шести основным элементам типоморфного комплекса: свинцу, серебру, меди, цинку, кобальту, молибдену характерных для надрудного, рудного и подрудного горизонтов перечисленных месторождений [2; 9].

Сбор биогеохимических проб производился по профилям, расположенным вкрест простирания пород и руд на площадках размером 5 м² по 5–6 основным видам произрастающих на них растений. Опробыванию подвергались все вегетативные органы с соблюдением стерильности. Навеска сырой пробы составляла 300 грамм. Пробы сразу высушивались на солнце. В лабораторных условиях пробы озолялись при температуре 500 °С. Полнота озоления контролировалась по цвету и консистенции. Зола проб подвергалась полуколичественному спектральному анализу, согласно существующим требованиям [7]. В данной статье приводятся данные по 1400 проб. Наиболее детальные исследования с помощью геоботаников Ленинградского государственного университета проводились на месторождении Яман-Касы.

Результаты

Месторождение Яман-Касы расположено в 4 км к востоку от города Медногорска на восточном крыле Блявинской структуры. Участок сложен преимущественно породами

основного состава, вмещающими субвулканическое тело кислого состава. Рудное тело имеет размер 150 на 150 метров и расположено на глубине порядка 12 метров. Перекрывающие породы столь сильно прокварцованы, что на дневной поверхности геохимические ореолы сильно ослаблены: свинца $10 \times 10^{-3}\%$, серебра $0,1 \times 10^{-3}\%$, меди и цинка $30 \times 10^{-3}\%$, кобальта $3 \times 10^{-3}\%$ [3; 4].

Для растительного покрова в контуре рудного тела характерно некоторое повышение зольности (в два раза) относительно местного фона. Отмечается и повышенное содержание рудных элементов относительно регионального кларка растительности (РКР), особенно у кустарниковых и полукустарниковых. Для *Saragana frutex* оно превышает в 5–18 раз. В полынях *A. austriaca* содержание меди составляет $8 \times 10^{-3}\%$. В контуре рудного тела у *Veronica incana* содержание меди в ветвях, листьях и цветках составляет $50 \times 10^{-3}\%$, $6 \times 10^{-3}\%$, $8 \times 10^{-3}\%$, существенно превышая РКР. В итоге окраска венчиков цветков меняет цвет с синего на розовый.

Наибольшая концентрация в растениях свойственна цинку, который превышает РКР в 20–60 раз. Так, у *A. marschalliana* содержание цинка в корнях составляет $38 \times 10^{-3}\%$, в стеблях $13 \times 10^{-3}\%$. Поэтому при биогеохимических исследованиях лучше использовать этот элемент.

Повышенные концентрации в растениях относительно почв характерны для свинца. В кустарниках *Spiraea crenata* содержание свинца составляет $62,2 \times 10^{-3}\%$, что превышает РКР в 15 раз. Распределение этого элемента в стеблях растений акропетальное.

Серебром обогащены все виды растений, за исключением травянистых многолетников. У большинства видов РКР превышен в 3–7 раз и достигает, например, у *Galatella villosa* – $3 \times 10^{-3}\%$. Содержание элементов в стеблях прошлого года существенно выше, чем в стеблях текущего. Видимо, их и следует опробывать.

Молибден слабо концентрируется в растениях месторождения Яман-Касы, и часто его содержание даже ниже, чем РКР. В надземной части растений Мо носит базипетальный характер: листья содержат его в большем количестве, чем стебли.

Кобальт, как и молибден, являясь подрудным элементом, также отмечается в ограниченных количествах. В подземных органах его содержание несколько выше, чем в стеблях и листьях.

В целом, концентрация рудных элементов в растительном покрове месторождения несколько выше, чем в почвенном.

Величина $K_{\text{он}}$ составляет ряд:

$Zn\ 12,7 > Cu\ 7,2 > Pb\ 5,4 > Mo\ 3,9 > Co\ 2,2$.

Повышенное содержание рудных элементов в растительности рассматриваемого участка обязаны корневой системе, а также транспирации в условиях засушливого климата, обусловившего высокую интенсивность биологического поглощения химических элементов.

Южно-Гайское медноколчеданное месторождение расположено в 4 км к югу от города Гая. Месторождение находится на одном из холмов Гайской гряды на глубине 60–70 м. Верхняя часть его интенсивно окислена и значительное количество материала вынесено в прилегающую депрессию. В итоге над рудным телом сформировался глубокий «рудный карст» [6]. Кислые воды этого месторождения, поступающие в депрессию в центральной части ее, выклиниваются на дневную поверхность, образуя знаменитое Купоросное озеро и вытекающий из нее Купоросный ручей. Вокруг озера и ручья произрастает прекрасная березовая роща. И это несмотря на то, что почвенный покров вокруг озера и ручья – это злостный солончак с большим количеством гипсовой сыпучки и ураганно высоким содержанием сульфатных солей меди, алюминия, железа [8].

На участке месторождения условно можем выделить три поля: «рудное» над самими рудными телами, «аномальное» – в районе Купоросного озера и «нормальное» – территория порядка 2 км между ними. Ряды коэффициентов аномальности элементов в этих полях относительно «нормального» поля составляет ряды:

Подстилающие породы:

«Рудное» поле: $Ag\ 1,0 > Zn\ 0,9 > Cu\ 0,5 = Co\ 0,5 > Pb\ 0,4$;

«Аномальное» поле: $Cu\ 66,0 > Zn\ 5,5 > Co\ 3,1 > Ag\ 1,0 > Pb\ 0,4 = Mo\ 0,4$.

Почвенный покров:

«Рудное» поле: $Pb\ 1,1 > Ag\ 1,0 > Cu\ 0,8 > Zn\ 0,7 > Mo\ 0,5 > Co\ 0,5$;

«Аномальное» поле: $Cu\ 27,0 > Zn\ 22,0 > Pb\ 1,1 > Mo\ 1,0 = Co\ 1,0$.

Злаки *Stipa lessingiana*:

Корни:

«Рудное» поле: $Ag\ 6,0 > Mo\ 3,0 = Co\ 3,0 > Cu\ 2,8 > Zn\ 2,6 > Pb\ 1,1$;

«Аномальное» поле: $Ag\ 10,0 > Zn\ 4,8 > Cu\ 4,3 > Co\ 3,0 = Mo\ 3,0 > Pb\ 1,5$;

Стебли:

«Рудное» поле: $Mo\ 3,0 > Ag\ 2,8 > Pb\ 2,0 > Cu\ 1,6 > Zn\ 1,5 > Co\ 0,7$;

«Аномальное» поле: $Zn\ 57,0 > Ag\ 8,0 > Cu\ 6,0 > Co\ 3,1 > Mo\ 3,0 > Pb\ 1,5$.

В условиях «нормального» поля в золе растений, относительно кларков А.И. Перельмана (1961), наблюдается увеличение содержания серебра и цинка и не наблюдается у кобальта, что характерно для миграционной способности этих элементов в нейтральных и щелочных водах Южного Урала, которые составляют ряд: $Ag > Zn > Mo > Cu > Pb > Co$.

В районе рудного тела к элементам, превышающим кларки, следует отнести серебро, цинк, присоединяются медь, свинец, молибден. Отмечается высокая корреляционная связь меди и цинка, достигающая значения +0,673 при критическом значении 0,358.

В условиях «аномального» поля (район Купоросного озера) валовое содержание рудных элементов в опробованных растениях составляет: меди $350 \times 10^{-3}\%$, цинка $115 \times 10^{-3}\%$, свинца и кобальта $40 \times 10^{-3}\%$, причем содержание подвижной части элементов достигает у меди 45,3%. Соотношение между содержаниями элементов в корнях растений относительно почв на этом участке характеризуется рядом:

$Ag\ 20,0 > Zn\ 5,2 > Mo\ 4,5 > Cu\ 3,9 > Co\ 3,6$.

Стебли относительно корней обеднены элементами. Так, в пределах рудного поля соотношение кобальта в стеблях относительно корней составляет 0,1.

Джусинское колчеданнополиметаллическое месторождение расположено в 3 км к югу от станции Теренсай и приучено к центральному блоку Теренсайского антиклинория, сложенного вулканогенными породами среднего девона. Оно состоит из 14 отдельных рудных тел небольших размеров. В коренных породах и почвенном покрове месторождение отмечается

весь типоморфный комплекс элементов. Но особенно высоко содержание свинца и цинка, в связи с полиметаллической специализацией руд этого месторождения. В растительном покрове эта закономерность сохраняется.

Ряды коэффициентов аномальности рудных элементов в стеблях и корнях растений составляют ряды:

Стебли:

Stipa lessingiana: Mo 5,0 > Ag 3,3 > Cu 2,5 > Pb 1,6 > Co 1,1 > Zn 1,1

Artemisia austriaca: Ag 75,0 > Pb 3,0 > Mo 2,7 > Cu 2,5 > Zn 2,4 > Co 1,1.

Корни

Stipa lessingiana: Ag 6,0 > Co 2,0 > Mo 1,8 > Cu 1,6 > Pb 1,0 = Co 1,0;

Artemisia austriaca: Ag 2,0 = Cu 2,0 > Mo 1,3 > Zn 1,0 = Pb 1,0;

Почвенный покров: Mo 2,0 > Zn 1,7 > Co 1,5 > Cu 1,4 > Pb 1,0 = Ag 1,0;

Подстилающие породы: Zn 2,0 > Pb 1,6 > Cu 1,5 > Co 1,1 > Ag 1,0 = Mo 1,0.

В подстилающих породах, ряды элементов возглавляют цинк и свинец в связи с полиметаллической специализацией месторождения.

В почвенном покрове ряды элементов возглавляют молибден и цинк, обладающие максимальной проникающей способностью в условиях участков с экранирующими отложениями русла реки Джуса. По ореолам молибдена в почвенном покрове и было открыто это месторождение при проведении металлометрической съемки.

В растительном покрове ряды элементов возглавляет серебро, обладающее максимальной миграционной способностью в условиях нейтральной среды на участке рассматриваемого месторождения и высокой концентрирующей способностью при биологическом поглощении. Особенно интенсивно серебро накапливается в польнях относительно злаков благодаря корневой системе.

В стеблях злаков во главе рядов стоит молибден при его меньшей миграционной способности, чем у серебра, но характеризуется высокой энергией биологического накопления.

Весеннее серноколчеданное месторождение расположено в 4 км к югу от райцентра Домбаровка на границе республики

Казахстан. Южная часть месторождения под названием Аралчинская находится уже за границей. Рудные тела месторождения приурочены к контакту гранодиаритов и диабазовой толщи. По простиранию рудная зона простирается на 1500 метров на глубину до 400 метров. Мощность зоны 20–80 метров. Выделяется 5 рудных тел.

Содержание рудных элементов (%) в медистых колчеданах месторождения составляет: Cu – 2,8, Zn – 0,82, Pb – 0,014, Ag – 0,001, Co – 0,07.

Ряды коэффициентов аномальности рудных элементов в стеблях и корнях растений, почвенном покрове и подстилающих породах:

Стебли:

Stipa lessingiana: Ag 5,0 > Mo 2,0 > Pb 1,6 > Zn 1,2 > Co 1,2 > Cu 1,1;

Artemisia austriaca: Ag 7,0 > Pb 2,2 > Cu 1,6 = Zn 1,6 > Co 1,2 > Mo 1,0;

Корни:

Stipa lessingiana: Mo 2,0 > Pb 1,5 > Cu 1,1 = Co 1,1 = Zn 1,1 > Ag 1,0;

Artemisia austriaca: Ag 8,0 > Pb 1,3 > Cu 1,2 > Co 1,1 = Zn 1,1 = Mo 1,1;

Почвенный покров: Zn 3,0 > Co 2,4 > Cu 2,0 = Mo 2,0 > Pb 1,0 = Ag 1,0;

Подстилающие породы: Zn 2,7 > Mo 2,0 > Co 1,2 = Pb 1,2 > Cu 1,0 = Ag 1,0.

Ряды коэффициентов аномальности почвенного покрова и подстилающих пород возглавляет цинк. При расчете соотношения цинка в корнях относительно пород величина коэффициента составляет 11,8 даже в условиях нормального поля. По ореолам этого элемента при металлометрической съемке почвенного покрова и было открыто данное месторождение.

Содержание серебра в стеблях *Artemisia austriaca* достигает величины $2,0 \times 10^{-3}\%$, что является уникальным для растений в рассматриваемых рудных месторождениях. Ряд соотношений средних содержаний рудных элементов в стеблях этого растения относительно почвенного покрова составляет ряд: Ag 100,0 > Zn 3,0 > Cu 2,0 > Mo 1,0 > Pb 0,6 > Co 0,3.

Выводы

1. Растительный покров на участках месторождений меди в восточных райо-

124 | нах Оренбургской области полностью отражает состав типоморфного комплекса элементов этих месторождений.

2. Концентрация элементов в золе растений существенно превышает этот показатель в почвенном покрове, который всегда использовался при геохимических методах поисков под названием «литогеохимическое опробывание».

3. Однако имеется целый ряд сложностей при биогеохимическом опробыва-

нии: ограниченный сезон опробывания, необходимость учета видового состава растений (необходим специалист), определенных вегетативной фазы и органов растений; сложности подготовки проб к анализам (муфельные печи, тигли); при выполнении самого анализа затруднено составление основ эталонов для анализа биологических проб. Все это ограничивает возможности применения этого метода в производственных организациях.

Список литературы:

- [1] Глазовская М.А. Геохимические ландшафты и поиски месторождений полезных ископаемых. – М.: МГУ, 1964. – 184 с.
- [2] Инструкции по геохимическим методам. – М.: Недра, 1983. – 183 с.
- [3] Кучеренко В.Д. Микроэлементы в почвах и растительности курорта «Гай» / В.Д. Кучеренко, В.Б. Черняхов // Материалы и тезисы VIII конференции по химизации сельского хозяйства. – Оренбург: ОСХИ, 1967. – С. 265–270.
- [4] Кучеренко В.Д. Почвы Оренбургской области. – Челябинск: Южно-Уральское книжное издательство, 1972. – 126 с.
- [5] Сидоренко А.В., Лукашев К.И. Некоторые вопросы геохимии зоны гипергенеза // Советская геология. – 1971, № 1. – С. 1–11.
- [6] Черняхов В.Б. Геохимические особенности ореолов в сопряженных природных средах на медноколчеданных месторождениях Оренбургского Урала / Автореф. дисс. ... к. геол.-минер. н. – М.: ИМГРЭ, 1972. – 25 с.
- [7] Читаева Н.А., Черняхов В.Б. Косвенные поисковые признаки колчеданных месторождений Южного Урала // Материалы по геологии и полезным ископаемым Оренбургской области. Вып. 5. – Челябинск, 1975. – С. 127–135.
- [8] Черняхов В.Б. Особенности распределения тяжелых металлов в мезозойских отложениях на Южно-Гайском месторождении // Природный и социально-экономический потенциал Оренбургской области. – Оренбург: ОГПУ, 2005. – С. 45–50.
- [9] Черняхов В.Б., Щеглова Е.Г. Геохимические ореолы медноколчеданных месторождений Оренбургского Урала. – Оренбург: ОГУ, 2015. – 353 с.