ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ РУДНЫХ И СОПУТСТВУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ВО ВТОРИЧНЫХ ОРЕОЛАХ РАССЕЯНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ БЕРЕЗИТОВОЕ (АМУРСКАЯ ОБЛ.)

**Дурова Е. В. 1** (st063675@student.spbu.ru), **Морозов М. В. 1,2** (docentmorozov@mail.ru)

Санкт-Петербургское отделение. 1 Институт наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный университет. 2 ООО «Теллур С-В», Санкт-Петербург

CHEMICAL FORMS OF ORE AND ASSOCIATED ELEMENTS IN SOIL ELEMENT HALOES OF THE BEREZITOVOYE DEPOSIT (AMUR DISTRICT, RUSSIA)

**Durova E. V. 1** (st063675@student.spbu.ru), **Morozov M. V. 1,2** (docentmorozov@mail.ru)

Saint Petersburg branch. 1 Institute of Earth Sciences, Saint Petersburg State University 2 “Tellur N-E”, llc, Saint Petersburg, Russia

Возрастающая проблема поиска «трудно открываемых», или «скрытых» месторождений требует разработки эффективных методик поисков глубоко залегающих рудных тел. К перспективным геохимическим инструментам относятся технологии поисков по т. н. наложенным («солевым», «сорбционным») ореолам рассеяния, образованных легко мобилизуемыми (подвижными) химическими формами концентрации элементов (Александрова и др., 2015; Миляев и др., 2017; Олейникова и Панова, 2014; Mann, 2010). Геохимическая информативность разных видов подвижных форм рудных и сопутствующих им в аномальных геохимических полях элементов была изучена на примере вторичных ореолов рассеяния золоторудного месторождения Березитовое (Амурская область) (Стриха, 2000).

В работе использован универсальный метод постадийных вытяжек, который был оптимизирован для анализа содержаний элементов в поглощающих комплексах, наиболее типичных для горно-таежных почв Восточной Сибири. Изучались пять форм нахождения элементов: водорастворимая, легкосорбированная, связанная с органикой, связанная с карбонатами, связанная с (гидро)оксидами Fe и Mn. Для анализа использовалось вещество иллювиального горизонта почвы (B, в случае горных примитивных почв – переходного от B к С), являющееся наиболее тонкозернистым и представленным основными поглощающими вещественными комплексами (глинистый, оксидно-гидроксидный, в меньшей степени органический) (Шоба, 2011). По всем изученным пробам имелись данные валового анализа на рассеянные и некоторые почвообразующие элементы (33 элемента) методами AAS и ICP-OES (лаборатория SGS, Чита). Методика исследования представлена в таблице.

Табл. Схема постадийной экстракции.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Стадия  | Фракция | Экстрагент | Объем, мл | Время на шейкере, мин. | Промывка, мл |
| 1 | Водорастворимая | H2O | 50 | 1080 | 3 × 100 |
| 2 | Легкосорбированная | BaCl2 (1M) | 10 | 60 | 5 × 100 |
| 3 | Связанная с органикой | Na4P2O7 | 20 | 180 | 2 × 50 |
| 4 | Связанная с карбонатами | CH3COOH+CH3COONa | 20 | 80 | 5 × 50 |
| 5 | Связанная с оксидами /гидроксидами Fe, Mn | HCl (6M) | 25 | 90 | 2 × 50 |

Вытяжки после каждой стадии анализировались на ICP-OES спектрометре ICPE-9000 (Shimadzu) в РЦ «Методы анализа состава вещества» (СПбГУ) на содержания Cd, Cr, Cu Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, Zn. Доля элементов в подвижных формах от общего содержания элемента в пробе варьирует для Fe от 2 до 13%, Cd - до 15%, Cr - от 0,4 до 3%, Cu - от 9 до 25%, Mn - от 1 до 4%, Ni от 0,7 до 9%, Pb - до 29%, Sr - от 0,5 до 1%, Zn - от 3 до 8%. Для Cd, Pb наименьшие содержания не превысили нижний предел обнаружения.

В водорастворимой фракции присутствуют: Fe (до 0.5-0,6%); Mn (до 2,3%, Sr (до 10,4%). В легкосорбированной фракции обнаружены Fe (до 0,1%), Mn (до 2,4%), Sr (до 41,0%), Zn (до 0,9%). Во фракции, связанной с органическим веществом, обнаружены Fe (до 6,3%), Cr (до 11,1%), Cu (до 2,4%), Sr (до 26,2%), Zn (до 3,3%). Во фракции, связанной с карбонатами, обнаружены Fe (до 0,1%), Cd (до 100%), Cr (до 1,6%), Cu (до 0,7%), Sr (до 3,4%). Во фракции, связанной с оксидами и гидроксидами железа и марганца, обнаружены Fe (до 99,6%), Cd (до 100%), Cr (до 99,7%), Cu (до 100%), Mn (до 99,7%), Ni (до 100%); Pb (до 100%), Zn (до 100%). Доля подвижных форм элементов относительно общего количества элементов в пробе, в среднем, не превышает 50%. Набор элементов, характерных для каждой фракции различен, их количество также отличается: для водорастворимой фракции характерно накопление Fe, Mn, Sr; для легкосорбированной - Fe, Mn, Sr, Zn; для фракции связанной с органическим веществом - Fe, Cr, Cu, Sr, Zn; для фракции, связанной с карбонатами - Fe, Cd, Cr, Cu, Sr; для фракции, связанной с гидро(оксидами) железа и марганца - Fe, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn. Некоторые элементы демонстрируют сходное поведение: Ni и Pb экстрагируются только на 5 стадии; Cr, Cu - на 3, 4 и 5 стадиях в примерно одинаковых количествах. Результаты работы демонстрируют, что наиболее геохимически информативными являются формы нахождения элементов, связанные с оксидами и гидроксидами железа и марганца, в которых содержания экстрагированных элементов, как минимум, на порядок выше, чем в прочих формах.

*Исследования проведены с использованием оборудования ресурсного центра Научного парка СПбГУ «Методы анализа состава вещества». Авторы выражают глубокую благодарность М. В. Чарыковой (каф. геохимии СПбГУ) за всестороннюю поддержку, а также Е. Б. Серебрякову и О. В. Волиной (РЦ МАСВ СПбГУ) за организационную и методическую помощь.*

Александрова Т. Н., Ромашев А.О., Янсон У. М. Исследование возможности извлечения редких элементов из черносланцевых пород // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2015, № 6. С. 124-128

Миляев С. А., Кряжев С. Г., Виленкина Ю. В. Ионно-сорбционный метод литохимических поисков скрытых полиметаллических месторождений: общие принципы, опыт применения // Руды и металлы, 2017, № 2. С. 60-68.

Олейникова Г. А., Панова Е. Г. Диализ водных экстрактов горных пород как метод изучения подвижных видов химических элементов // Геохимия, 2014, т. 52, № 8. С. 702-706.

Стриха В. Е. и др. Геология Хайктинского интрузивного комплекса (Верхнее Приамурье) // Тихоокеанская геология. 2000. № 5. C. 25–37.

Шоба С. А. (ред.). Национальный атлас почв Российской Федерации. М.: Астрель, 2011. 631 с.

Mann, A. W. Strong versus weak digestions: ligand-based soil extraction geochemistry / Geochemistry Explor. Environ. Anal., 2010, v. 10, № 1, pp. 17-26.