

1. Антипин В.С., Коваленко В.И., Рябчиков И.Д. Коэффициенты распределения редких элементов в магматических породах. – М., 1984. 2. Бахмутов В.Г. Эволюция и геодинамика основных структур Западной Антарктики в мезо-кайнозое: Современные представления // Украинский Антарктический журнал. – 2006. – № 4-5. – С.52-63. 3. Перчук Л.Л. Система щелочной базальт-вода. II. Поверхность ликвидуса в интервале давлений 1 атм – 20 кбар // Очерки физико-химической петрологии. – М., 1985. – Вып. XIII. – С. 66-80. 4. Рябчиков И.Д. Термодинамика флюидной фазы гранитоидных магм. – М., 1975. 5. Шнюков С.Е. Геохимические модели эволюции магматических систем и земной коры: потенциальный источник петрофизической и рудогенетической информации // Геофиз. журн. – 2002. – № 6. – С. 201-219. 6. Шнюков С.Е. Наскрізни акцесорні мінерали в геохімічному моделюванні магматичних процесів // Зб. наук. праць УкрДГРІ. – 2001. – № 1-2. – С. 41-53. 7. Шнюков С.Е., Лазарева І.І. Геохімічне моделювання в дослідженні генетичного зв'язку магматичних комплексів та просторово асоціюючих з ними гідротермально-метасоматичних рудних родовищ // Зб. наук. праць УкрДГРІ. – 2002. – № 1-2. – С. 128-143. 8. Шнюков С.Е., Андреев А.В., Заяц О.В., Савенок С.П., Клеценко С.А. Инструментальный учет фоновых условий при геохимическом картировании литологически неоднородных территорий (на примере участка дна Черного моря) // Геохимические проблемы Черного моря. – К., 2001. – С. 165-184. 9. Aparicio A., Risso C., Viramonte J.G., Menegatti N. & Petrinovic, I. El volcanismo de isla Decepcion (Peninsula Antartica) // Bol. Geol. Minero. – 1997. – V. 108. – P. 235-258. 10. Ashcroft W.A. Crustal structure of the South Shetland Islands and the Bransfield Strait // British Antarctic Survey Scientific Reports. – 1972. – V. 66 – P. 1-43. 11. Baker P. E., I. McReath M. R. Harvey, M. J. Roobol, and T. G. Davies, The Geology of the South Shetland Islands: V. Volcanic evolution of Deception Island // British

Antarctic Survey Scientific Reports. – 1975/ – V. 78. 12. Grad M., Guterch A., Sroda P. Upper crustal structure of Deception Island area, Bransfield Strait, West Antarctica // Antarctic Science. – 1993. – N 4 – P. 469-476. 13. Harrison T.M., Watson E.B. The behavior of apatite during crustal anatexis: equilibrium and kinetic considerations // Geochim. et Cosmochim. Acta. – 1984. – V. 48, N 7. – P. 1467-147. 14. Holtz F., Johannes W., Tamic N., Behrens H. Maximum and minimum water content of granitic melts generated in the crust: a reevaluation and implications // Lithos. – 2001. – V.56.–P. 1-14. 15. Marti J., Baraldo A. Pre-caldera pyroclastic deposits of Deception Island (South Shetland Islands). Antarctic Science. – 1990. – V.2. – P. 345-352. 16. Montel J.M. A model for monazite/melt equilibrium and application to the generation of granitic magmas // Chemical Geology. – 1993. – V. 110.–P. 127-145. 17. Samoza L., Martinez-Frias J., Smellie J.L., Rey J., Maestro A. Evidence for hydrothermal venting and sediment volcanism discharged after recent short-lived volcanic eruptions at Deception Island, Bransfield Strait, Antarctica // Marine Geology. – 2004. – V.203. – P. 119-140. 18. Smellie J.L. Recent observations on the volcanic history of Deception Island, South Shetland Islands // British Antarctic Survey Scientific Reports. – 1988. – V. 81 – P. 83-85. 19. Smellie J.L. Lithostratigraphy and volcanic evolution of Deception Island, South Shetland Islands// Antarctic. Sci. – 2001. – V.13. – P.188-209. 20. Watson E.B., Pankhurst R.J., Tamey J. A geochemical study of magmatism associated with the initial stages of back-arc spreading: The Quaternary volcanics of Bransfield Strait, from South Shetland Islands // Contrib. Mineral. Petrol. – 1979. – V. 68. – P. 151-169.

Надійшла до редколегії 03.06.09

УДК 550.42:546.4

Э. Жовинский, д-р геол.-минералог. наук,  
Н. Крюченко, канд. геол. наук

## СОЛЕВЫЕ ОРЕОЛЫ И ИХ ПРИКЛАДНОЕ ЗНАЧЕНИЕ

(Рекомендовано членом редакционной коллегии д-ром геол.-минералог. наук, проф. М.И.Толстым)

*Установлена связь вторичных солевых ореолов рассеяния химических элементов с рудными объектами на территории Украинского щита; рассчитаны основные формы миграции химических элементов и доказано, что при геохимических поисках за подвижными формами химических элементов индикаторными есть катионные и анионные формы, что позволяет наиболее эффективно проводить локальное прогнозирование и поиски полезных ископаемых.*

*Interrelation of the second salt halos of dispersion of chemical elements with ore objects on territory of the Ukrainian shield (US) is set. The basic forms of migration of chemical elements are calculated. It is proved that at the geochemical exploration by the mobile forms of chemical elements of indicators are cation and anion forms, that allows most effectively to conduct local prognostication and exploration of minerals.*

**Предисловие.** Геохимические методы поисков полезных ископаемых широко применялись на территории Украины в 50-70 годах XX в. В этот период высокая эффективность использования литогеохимических методов поисков по первичным и вторичным механическим ореолам рассеивания подтверждалась открытием большинства месторождений, расположенных вблизи земной поверхности. Но в условиях современной высокой антропогенной нагрузки и перехода к поискам полезных ископаемых глубинного залегания, использование существующих геохимических методов становится малоэффективным, а поиски полезных ископаемых требуют значительного увеличения объемов глубинного геохимического картирования и горных работ, что резко увеличивает стоимость работ.

Изучение условий образования вторичных солевых ореолов рассеяния химических элементов, выявление их связи с рудными телами глубокого залегания и их прогнозная оценка – одна из актуальных проблем поисковой геохимии, решение которой позволит более эффективно и с наименьшими затратами проводить поисковые и геолого-разведочные работы на территории Украины.

**Выходные условия.** Научные основы геохимических методов поисков были заложены работами выдающихся ученых – В.И. Вернадского, В.М. Гольдшмидта, А.Е. Ферсмана, А.П. Виноградова, Ю.Е. Саета. Первые принципы геохимических методов и понятие "ореол рассеяния" были сформулированы Н.И. Сафроновым (в 1936 г). Эти принципы получили развитие в разрабо-

тке следующих геохимических методов поисков: почвенно-гидрогеохимического (Н.И. Долуханова); частичного фазового (А.Д. Миллер, Г.А. Вострокнутова); сорбционно-солевого (С.П. Абдул); фазового анализа (Л.В. Антропова, Н.А. Разенкова). Эффективность геохимических методов поисков по вторичным солевым ореолам отдельных элементов была показана на примере многих месторождений полезных ископаемых – йода и брома (А.Д. Миллер, 1963), ртути (В.З. Фурсов, 1978), фтора (Э.Я. Жовинский, 1979) и др.

В результате взаимодействия горной породы (минерала) с подземными водами происходит нарушение равновесия твердая фаза – раствор: вокруг рудного тела образуются ореолы разных форм химических элементов, которые при процессах диффузии и фильтрации достигают дневной поверхности и образуют вторичные солевые ореолы. Как было установлено, при литогеохимических поисках наиболее целесообразно использовать не суммарное содержание химических элементов, а определенные индикаторные формы [1], источником которых могут быть непосредственно рудные объекты.

**Постановка задачи.** Целью исследований была разработка научных основ определения связи вторичных солевых ореолов рассеяния химических элементов с рудными объектами на территории Украинского щита (УЩ), которые позволяют наиболее эффективно и с наименьшими затратами проводить локальное прогнозирование и поиски полезных ископаемых на указанной территории. Достижению этой цели способствовало ре-

шение таких задач: 1) анализ физико-химических особенностей разных типов почв на территории УЩ с целью установления основных закономерностей миграции разных форм химических элементов в поверхностных отложениях; 2) выявление возможностей применения геохимических методов поисков полезных ископаемых по солевым ореолам рассеивания; 3) установление возможности образования вторичных солевых ореолов над рудопроявлениями на территории УЩ.

**Геохимические исследования.** Исследования связи вторичных солевых ореолов с рудными объектами были проведены в разных физико-географических зонах.

Эффективность внедрения геохимических методов поисков полезных ископаемых зависит от ландшафтно-геохимических условий, рельефа и геологического строения территории, особенностей осадочных пород и многих других факторов. Рудные месторождения на территории УЩ, имеющие выход на уровень древнего эрозионного среза, перекрыты чехлом осадочных отложений и поиск их в связи с этим значительно затруднен. Общая закономерность изменения мощности осадочных пород в пределах территории УЩ – уменьшение в долинах современной гидросети и увеличение на водоразделах. В современных долинах осадочные породы представлены преимущественно четвертичными отложениями, залегающими непосредственно на кристаллических породах. Мощность их по большей части не превышает 5-10 м и резко возрастает в направлении от русловой части к склонам. На водоразделах максимальная мощность осадочных пород связана с депрессиями кристаллического фундамента, и иногда достигает 100 м, склоны характеризуются мощностью осадочного чехла 160 м и более.

Так как мы проводили литогеохимическое опробование по поверхностным отложениям (зона Полесья – 10 см, лесостепная зона – до глубины 60 см), нас интересовало содержание индикаторных элементов в солевых ореолах. Поведение водорастворимых солей в поле рассеяния – функция сложных процессов обменных химических и физико-химических реакций, явлений диффузии и капиллярного подъема растворов с глубины к дневной поверхности. Благодаря продолжительности процесса, в образовании солевого ореола принимают участие даже труднорастворимые минералы – составляющие полезных ископаемых.

Для выявления рудопроявления наиболее информативны во вторичном солевом ореоле подвижные формы элементов-индикаторов [3]. Существует много методов определения содержания подвижных форм в солевых ореолах рассеяния с использованием разных вытяжек – пирофосфатных, ацетатных, солянокислых и других. Последними исследованиями доказано, что во время количественного определения содержания подвижных форм необходимо обязательно учитывать минеральный состав пород и скорость перехода разных форм химического элемента из твердой (минеральной) фазы в раствор. Содержание подвижных форм химических элементов во вторичном солевом ореоле определено с помощью современных физических и химических методов анализа: эмиссионного спектрального (в разных его модификациях), атомной абсорбции, потенциометрического и др. Полученные аналитические данные обработаны на компьютере с помощью статистических программ "Minitab 13", "Alta", "Statistica".

С поисковой целью было проведено определение форм миграции (в почвенных растворах) индикаторных элементов оруденения над рудопроявлениями разных металлических полезных ископаемых на территории УЩ: цветных – меди, никеля, свинца и цинка, черных –

хрома и редких – вольфрама и лития [2]. Рудная минерализация представлена для разных месторождений – халькопиритом, ковелином, кубанитом, пирротинном, пиритом, сфалеритом, пентландитом, галенитом, титаномагнетитом, монацитом. По результатам расчета форм миграции химических элементов определено, что за стабильность существования в почвах элементов-индикаторов оруденения отвечает главным образом рН почвенного раствора.

На территории УЩ рН почв следующие: лесная зона – 3-6 – дерново-глеевые, дерново-подзолистые; лесостепная зона – 7-8 – черноземы обычные, дерново-карбонатные; 9 – черноземы южные, лугово-каштановые.

С использованием методов термодинамического анализа и математического моделирования рассчитаны основные индикаторные формы для разных типов почв в зависимости от рН среды. Расчет равновесия в многокомпонентных системах выполнен в программе PHREEQC, учитывающей условия миграции элементов, все достоверные формы и конкурирующие реакции, происходящие в системе, с использованием методов термодинамического анализа и математического моделирования.

Например, относительно свинца и цинка: в слабокислотной среде (рН 3-6) основная форма их нахождения – катионная, в нейтральной и слабощелочной (рН 7-9) – карбонатная. Поэтому при геохимических методах поисков по подвижным формам химических элементов необходимо формы миграции металлов переводить в катионные. Это позволит контрастировать аномалии солевых ореолов над рудными объектами.

С учетом всех значимых ландшафтно-геохимических факторов была впервые составлена карта районирования территории УЩ по условиям образования вторичных солевых ореолов. Территория была разделена на районы – геохимически однородные области, которые характеризуются общими условиями геохимической и геологической эволюции (климат, геологическое строение, рельеф местности и другие), отображенные в химическом составе геологических комплексов, а также концентрациях химических элементов. Районы (выделено 17 районов) расположены в определенных физико-географических зонах и принадлежат к определенным геоструктурным единицам. Для каждого района приведен геологический разрез осадочных пород – возраст, мощность, литологический состав; представлена ландшафтно-геохимическая, металлогеническая характеристика и определен тип вторичных солевых ореолов. Установлено, что на территории УЩ преобладают открытые диффузионные солевые ореолы (также есть участки, где кристаллические породы выходят на поверхность), на склонах – закрытые.

Установлены геохимические параметры для каждого района – коэффициенты диффузии осадочных пород и конвекции (при условии наличия тектонического нарушения).

Для каждого района определены среднее фоновое содержание возможных элементов-индикаторов оруденения – Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cr (валовое и подвижных форм) и коэффициенты подвижности для каждого элемента:  $K_p = (C_p / C_v) \cdot 100\%$ , где  $C_p$  – содержание подвижных форм,  $C_v$  – содержание валовых форм.

Результаты исследований изменения коэффициентов подвижности, на примере цинка и меди в почвах с разными кислотнo-щелочными условиями (рис. 1), позволили установить, что существует горизонтальная зональность территории УЩ по подвижности элементов в почвенных отложениях. На севере, где территория

характеризується избыточним увлажненням і інтенсивним вимиванням солей із порід (рН 3-5), подвижність елементів достатньо висока; на юге, де испарение преобладает над осадженням і происходит засоление

почвенних вод, подвижність елементів зменшується (рН 8-9). Это подтверждает і зональність по кислотно-щелочным условиям почв – на севере почвенные растворы имеют кислую реакцию, на юге – щелочную.

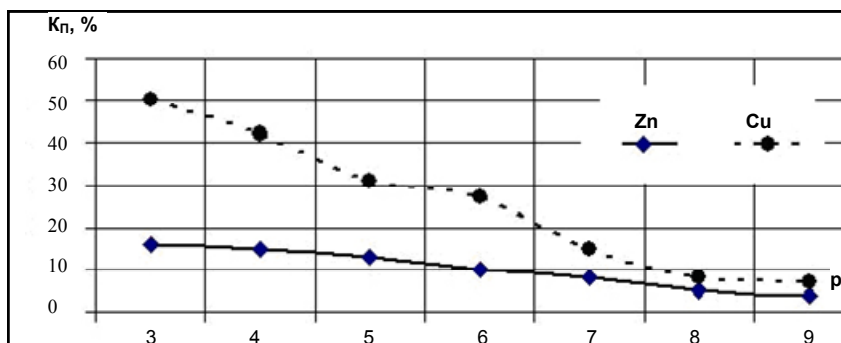


Рис. 1. Графік зміни коефіцієнтів подвижності цинку і міді в ґрунтах з різною кислотно-щелочною реакцією

Установлена закономірність має більше значення в ході планування і проведення геохімічних пошуків по подвижним формам хімічних елементів.

**Висновки.** Установлена зв'язь вторичних солевих ореолів розсіяння хімічних елементів з рудними об'єктами на території УЩ, розраховані основні форми міграції хімічних елементів і доведено, що при геохімічних пошуках по подвижним формам хімічних елементів індикаторними являються катіонні і аніонні форми, що дозволяє найбільш ефективно проводити локальне прогнозування і пошуки корисних копалин. Визначено існування горизонтальної зональності території УЩ по

подвижності хімічних елементів в ґрунтах: збільшення подвижності хімічних елементів з юга на північ, що обумовлено зростанням зволоженості ґрунтів і зміною окислювально-щелочних умов.

1. Жовинський Э., Крюченко Н. Геохімічні пошуки по подвижним формам фтора і інших хімічних елементів // Геолог України. – 2004. – № 3. – С. 46–50. 2. Жовинський Э., Крюченко Н. Подвижні форми хімічних елементів і їх значення при геохімічних пошуках // Мінерал. журн. – 2006. – 28, № 2. – С. 88–93. 3. Жовинський Э., Крюченко Н. Геохімічні методи пошуків по подвижним формам хімічних елементів на Українському щиті // Дальний Восток-2. – 2007. – С. 213–222.

Надійшла до редколегії 13.05.09

УДК 549.643+552.11

І. Квасниця, канд. геол. наук,  
О. Зінченко, канд. геол.-мінералог. наук,  
О. Митрохин, канд. геол. наук

## ДО МІНЕРАЛОГІЇ МІАРОЛОВИХ ПОРОЖНИН У ГАБРО-АНОРТОЗИТАХ КОРОСТЕНСЬКОГО ПЛУТОНУ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол.-мінералог. наук, проф. М.І.Толстим)

Наведено дані з морфології та хімічного складу амфіболів з міаролових порожнин у габро-анортозитах Коростенського плутону. Видовжено-призматичні кристали амфіболу входять до складу амфібол-кварцового пористого агрегату, виявлено-го у міароловій порожнині. Кристали вкриті двошаровою кремнеземистою плівкою, верхній шар якої складений глобулами кремнезему, пластинками плагіоклазу, голкоподібними та короткостовпчастими кристалами фторапатиту, голчастими кристалами амфіболу. За мікронзондовим аналізом амфібол визначений як фероактиноліт та залізна рожева обманка.

There is data of morphology and chemical composition of amphiboles from miarolitic cavities in gabbro-anorthosite of Korosten pluton. The extended-prismatic crystals of amphiboles enter in the complement of amphibole-quartz porous aggregate, discovered in a miarolitic cavity. Crystals are covered two-layer siliceous film, the overhead layer of which is made a globular silica, plates of plagioclase, needle-shaped and the short column crystals of fluorine-apatite, needle-shaped crystals of amphibole. The electron microprobe analysis shown that amphibole is ferro-actinolite and ferrous hornblende.

**Вступ.** Б.О.Гаврусевич перший привернув увагу дослідників до мінералогії міаролових (міаролітових) порожнин у гранітах [2] і основних породах [1] Коростенського плутону, наголошуючи на тому, що її вивчення допоможе глибше пізнати явища пегматитоутворення в гранітах та базитах і взагалі хід постмагматичних процесів плутону як у просторі, так і у часі [2].

**Вихідні передумови.** На думку Б.О.Гаврусевича, міаролові порожнини в габро-анортозитових масивах пов'язані з постмагматичними процесами самої основної магми, на відміну від розташованих у базитах пегматитових жил (нормальних гранітних і мігматичних, за термінологією Б.О.Гаврусевича), які є похідними гранітної магми [1]. Слід зазначити, що останній висновок Б.О.Гаврусевича є дискусійним і наразі поділяється не всіма дослідниками. Зокрема, вважається, що так звані

габро-пегматити (або мігматичні, за Б.О.Гаврусевичем) – продукти кристалізації залишкових розплавів безпосередньо габро-анортозитової магми [6].

Серед мінералів, що зустрічаються у міаролових порожнинах у габро-норитах, Б.О.Гаврусевич називав хлорити, епідот, кварц, кальцит. До цього короткого списку ми додамо ще клінозоїтит, альбіт, преніт, гідроксипафліт, ломонтит і монторилоніт, які в асоціації з кальцитом і залістими хлоритами зустрінуто у рукавоподібній міароловій порожнині у лабрадоритах північної частини Володарськ-Волинського габро-анортозитового масиву поблизу с. Красносілка [4].

**Постановка завдання.** Метою дослідження було вивчення мінералогії міаролової порожнини у габро-анортозитах Коростенського плутону.