

УДК 553.481 (571.6)

В.А. Степанов

**ВОПРОСЫ ГЕНЕЗИСА И ВОЗРАСТА НИКЕЛЕВЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ В РОГОВООБМАНКОВЫХ
ГИПЕРБАЗИТАХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

Рассмотрены вопросы генезиса и возраста медно-никелевых месторождений Дальнего Востока, приуроченных к роговообманковым гипербазитам. Установлено, что медно-никелевое оруденение имеет ликвационный генезис. Определен изотопный возраст месторождений. Он колеблется от позднего протерозоя в Корее, до раннего мела в Дамбукинском рудном районе Приамурья и раннего эоцена на Камчатке.

Ключевые слова: роговообманковые гипербазиты, медно-никелевое оруденение, изотопный возраст, генезис

Формация никеленосных роговообманковых базитов впервые выделена на Дальнем Востоке Азии С.С. Зиминым [3]. В формацию вошли кортландиты, горнблендиты, шрисгеймиты и габбро, слагающие мелкие интрузивные тела типа даек, приуроченные к зонам разломов в докембрийских сланцах и гнейсах. На примере ряда медно-никелевых месторождений Северной Кореи С.С. Зиминым установлено, что интрузии, сложенные только габброидами, не несут крупных концентраций меди и никеля. Рудоносными являются породы ультраосновного состава, обогащенные роговой обманкой (паргаситом). Концентрация медно-никелевых руд обязана своим происхождением не только процессам, совершавшимся в камере интрузий, но и происходившим на большой глубине в пределах верхней мантии в период генерации магм. С.С. Зимин предполагает, что медно-никелевая специализация этих интрузий обусловлена процессами избирательного растворения сульфидов меди, никеля и железа в области генерации магм и при дальнейшем движении их по разломам. Сульфидный материал в магниезильных расплавах был в значительной мере рассредоточен. Концентрация его происходила в процессе остывания в камере интрузий на глубине 2–3 км. При этом происходила ликвация и частичная гравитационная дифференциация сульфидного расплава в жидком состоянии, а также

кристаллизация и раздробление интрузивных пород с перераспределением сульфидного материала и образованием различных типов (брекчиевых, прожилковых, массивных) медно-никелевых руд.

В дальнейшем выделенные С.С.Зиминим роговообманковые базиты рассматривались в качестве специфичной для Восточной Азии глубинной норит-кортландитовой формации со стабильным парагенезисом оливин — магматический амфибол [8]. Этими авторами отмечается, что образование роговой обманки и апатита в породах формации обусловлено обогащением магмы водой и фосфором. Приближенные оценки Р-Т условий кристаллизации коротландитовых магм характеризуются высокой температурой 925–1150°C и давлением 6,0–8,0 кбар. Полученные данные показывают, что коротландиты являются типичными производными гипербазитовой магмы базальтоидного ряда. Обогащенность ее водой и серой в условиях высокого давления способствовала значительному расширению интервала солидус-ликвидус расплава и более совершенной экстракции меди, никеля, кобальта и железа серой. В формационном отношении коротландиты вместе с ассоциирующими с ними габброидами отнесены к группе никеленосных габбро-перидотитовых расслоенных массивов. Отличия заключаются в несовершенной стратификации, обусловленной более мобильными тектоническими условиями магмообразующих структур [8]. По мнению С.С. Зимина, месторождения Северной Кореи образовались в позднепротерозойское время. Они расположены среди метаморфических образований архея и прорваны интрузиями гранитоидов верхнего палеозоя и мезозоя.

Кроме Северной Кореи месторождения никеля формации роговообманковых базитов известны в Дамбукинском никеленосном районе Приамурья и на Камчатке (месторождение Шануч). Из зарубежных аналогов можно отметить месторождение Коталахти (Финляндия). Месторождение Коталахти (Финляндия) расположено среди раннеархейских кристаллических сланцев, возраст его архейский.

Формирование сульфидного медно-никелевого оруденения Дамбукинского рудного района генетически связано с внедрением, кристаллизацией и постмагматической гидротермальной деятельностью джалтинского комплекса малых интрузий,

силлов и даек пироксенит-кортландитовой ассоциации [7]. Вкрапленные халькопирит-пентландит-пирротиновые руды сингенетичны кристаллизации этих интрузий. Рудные минералы заполняют интерстиции между породообразующими минералами – пироксеном и амфиболом, реже образуют округлые нодулы. Прожилковые, брекчиевые и массивные руды образованы инъекцией остаточного, обогащенного летучими компонентами сульфидного расплава как в интрузии, так и во вмещающие их гнейсы и кристаллические сланцы. Конечная стадия рудообразования протекала под воздействием постмагматических флюидов. Она привела к появлению в рудах кварца, карбонатов и мусковита.

. Для определения возраста медно-никелевых руд участка Джалта Дамбукинского района произведен Rb-Sr анализ содержащегося в кварц-сульфидных рудах в качестве примеси мусковита [5]. Анализ выполнен в Центре изотопной геологии ВСЕ-ГЕИ (Санкт-Петербург). Содержание рубидия и стронция определено методом двойного изотопного разбавления, изотопный состав стронция измерен на масс-спектрометре МИ-1201Т, расчет параметров изохроны выполнен по программе ИЗОПЛОТ. Результаты анализов представлены в табл. 1 и на рис. 1.

В результате анализа получена изохрона 110 ± 28 млн. лет, что свидетельствует о раннемеловом возрасте медно-никелевого оруденения. Rb-Sr определение возраста руд хорошо согласуется с U-Pb возрастом цирконов из кортландитов джалтинского комплекса в $121,2 \pm 2,4$ млн.лет [7]. Можно предположить, что массивные эпигенетические медно-никелевые руды моложе вмещающих базитовых интрузий.

Таблица 1

Результаты Rb-Sr анализа мусковита из кварц-сульфидных руд Джалтинского участка Дамбукинского района

| №.№ пп | Образец | Анализируемый материал | Rb (ppm) | Sr (ppm) | $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ | $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ |
|-----------|---------|---------------------------|-------------|----------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 259-1 | Мусковит | 66,79 | 1747 | 114,34 | $1,0474 \pm 2$ |
| 2 | 259-2а | | 48,18 | 209,84 | 209,84 | $1,1794 \pm 2$ |
| 3 | 259-2 | | 57,54 | 278,25 | 278,25 | $1,3526 \pm 3$ |
| 4 | 259-5 | | 17,01 | 2,742 | 18,320 | $1,92150 \pm 2$ |
| 5 | 212 | | 301,8 | 186,2 | 4,7758 | $1,90249 \pm 2$ |

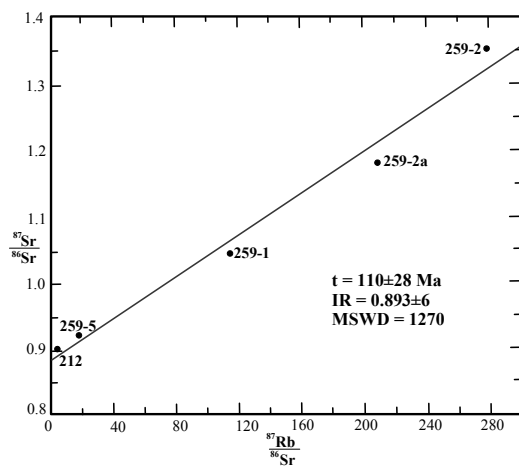


Рис. 1. Rb–Sr изохронный график для мусковитов из кварц-сульфидных руд Джалтинского участка

О возрасте никеленосных интрузивов Камчатки имеются разноречивые сведения. Так, в обобщающей работе по геологии и полезным ископаемым Камчатки указывается, что возраст медно-

никелевого оруденения на основании определения абсолютного возраста рудоносных интрузий калий-аргоновым методом (54–96 млн лет) предположительно определяется как поздне-меловой-раннепалеогеновый [2]. С.А. Щека и В.М. Чубаров показали, что непосредственно в пределах Камчатского срединного массива возраст никеленосных интрузивов по радиологическим К-Аг датировкам меняется в интервале от 220 до 80 млн лет, т.е. от позднего триаса до позднего мела [8]. На более древний – позднепалеозойский (?) возраст медно-никелевого оруденения Камчатки указывает А.И. Байков с соавторами [1]. В более поздней работе В.А. Полетаева сообщается, что определения абсолютного возраста никелевых интрузий Центральной Камчатки охватывают время от юры до олигоцена, но возраст их формирования позднеюрский-раннемеловой, скорее всего раннемеловой [4].

Для уточнения возраста никеленосных интрузий нами произведено определение абсолютного возраста рудоносных интрузий месторождения Шануч и рудопроявления Восточно-Геофизического. Оно выполнено Rb-Sr методом в центре изотопных исследований ВСЕГЕИ на термоионизационном масс-спектрометре Triton (Германия). Для исследований отбирались монофракции флогопита, роговой обманки и биотита или сростки слюд с роговой обманкой, как минералов, наиболее обогащенных калием. В результате анализа для месторождения Шануч

172 Таблица 2

| №№ п/п | № пробы | Название породы | Исследуемый минерал | Rb (ppm) | Sr (ppm) | $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ | $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ |
|--------|---------|----------------------------|---------------------|----------|----------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. | СП-2 | габбро-диорит | амфибол | 35,49 | 93,23 | 1,1 | 0,7062±0,0012 |
| 2. | СП-5 | меладiorит | биотит, амфибол | 19,09 | 123,8 | 0,4456 | 0,7052±0,0013 |
| 3. | СП-7 | диорит | биотит | 171,3 | 218,1 | 2,269 | 0,7065±0,0010 |
| 4. | ША-3 | пегматоидный диорит | биотит | 334,4 | 69,5 | 13,92 | 0,7159±0,0010 |
| 5. | ША-5 | пегматоидный габбро-диорит | амфибол, биотит | 515,6 | 12,2 | 123,2 | 0,7909±0,0010 |

Аналитик: П.Б. Лебедев, ВСЕГЕИ.
 Параметры изохроны: (обр. 1–5), $t = 49,2 \pm 2,7 \text{ Ma}$, $JR = 0,7053 \pm 0,0010$, $MSWD = 33$.

Таблица 3

Результаты определения абсолютного возраста рудопроявления Восточно-Геофизическое Rb-Sr методом

| №№ п/п | № пробы | Исследуемый минерал | Rb (ppm) | Sr (ppm) | $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ | $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ |
|--------|---------|----------------------|----------|----------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. | 169–15 | флогопит | 157,2 | 16,36 | 27,82 | 0,724835±58 |
| 2. | 169–35 | слюда+биотит+амфибол | 5,719 | 54,05 | 0,306 | 0,703823±17 |
| 3. | 202–40 | флогопит | 90,59 | 61,65 | 4,247 | 0,707475±22 |
| 4. | 202–39 | флогопит+амфибол | 83,28 | 159,0 | 1,514 | 0,704828±52 |
| 5. | 202–35 | флогопит+амфибол | 92,48 | 79,82 | 3,348 | 0,706474±15 |
| 6. | 202–33 | флогопит+амфибол | 121,8 | 174,3 | 2,019 | 0,705438±9 |
| 7. | 182–4 | амфибол+флогопит | 31,27 | 227,2 | 0,398 | 0,704080±12 |

Аналитик: П.Б. Лебедев, ВСЕГЕИ.
 Параметры изохроны: (обр. 1–7), $t = 53,3 \pm 1,8 \text{ Ma}$, $JR = 0,70385 \pm 0,00027$, $MSWD = 5,0$

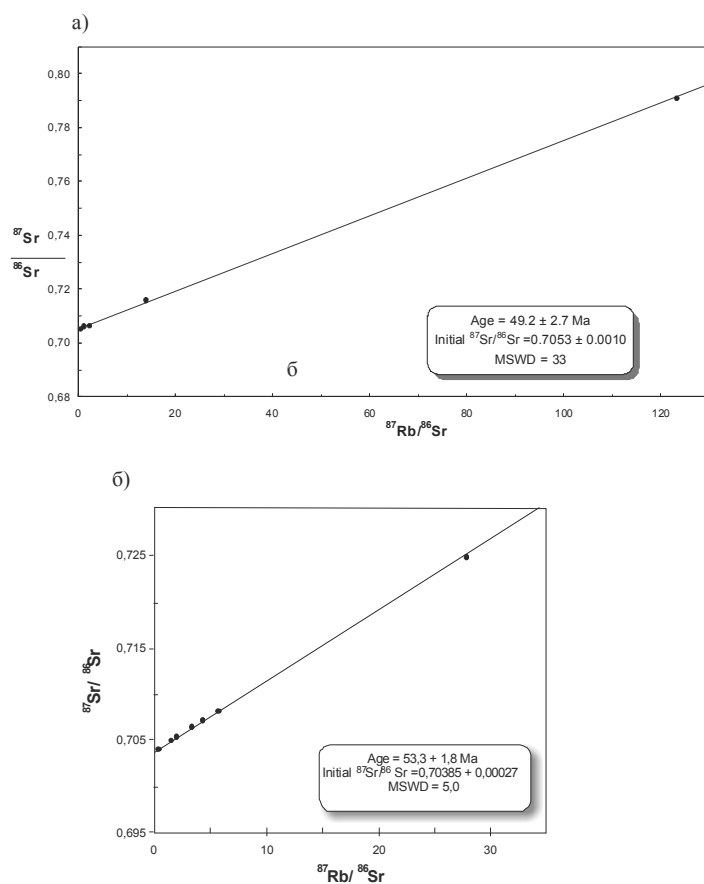


Рис. 2. Изохроны абсолютного возраста: а – Шанучского месторождения; б – Восточно-Геофизического рудопроявления

получена изохрона – $49,2 \pm 2,7$ млн лет, а для Восточно-Геофизического рудопроявления – $53,3 \pm 1,8$ млн. лет (табл. 2, 3, рис. 2). Это свидетельствует о раннеэоценовом возрасте никеленосных интрузий Шанучского рудного поля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байков А.И., Кутыев Ф.Ш., Сидоров Е.Г. и др. Медно-никелевое сульфидное оруденение Камчатки // Никеленосность базит-гипербазитовых комплексов Украины, Урала, Сибири и Дальнего Востока. Апатиты. 1988. – С. 59–61.

2. Геология СССР. Т. XXXI. Полезные ископаемые. — М.: Недра. 1977. 351с.
3. Зимин С.С. Формация никеленосных роговообманковых базитов Дальнего Востока. – Новосибирск: Наука. 1973. 90с.
4. Полетаев В.А. Камчатская платиноидно-никеленосная зона – геология и рудоносность. Автореф. Канд.дисс. М. 2004. 22с.
5. Степанов В.А., Октябрьский Р.А., Гвоздев В.И. Малые интрузии гипербазитов и медно-никелевое оруденение Дамбукинского рудно-россыпного узла Верхнего Приамурья // ДАН. 2006. Т. 409. № 4. С. 514–517.
6. Степанов В.А., Трухин Ю.П. О возрасте Шанучского медно-никелевого месторождения // ДАН. 2007. Т. 417. № 1. С. 84–86.
7. Стриха В.Е., Степанов В.А., Родионов Н.И. Раннемеловая кортландит-пироксенит-габбровая ассоциация Верхнего Приамурья: геохронологические и геохимические данные // ДАН. 2006. Т. 407. № 5. С.664–668.
8. Шека С.А., Вржосек А.А., Чубаров В.М. Троктолит-кортландитовая никеленосная формация Дальнего Востока // Геология медно-никелевых месторождений СССР. Л.: Наука. 1990. С. 247–255.
9. Шека С.А., Чубаров В.М. Никеленосные кортландиты Камчатки // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1987. № 12, с. 50–61. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Степанов Виталий Алексеевич – доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, профессор, vitstepanov@yandex.ru, Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН.



UDC 553.481 (571.6)

THE QUESTIONS OF GENESIS AND THE AGE OF THE NICKEL DEPOSITS IN ULTRABASITES BY THE FAR EAST

Stepanov V.A., doctor of geological-mineralogical sciences, senior researcher, professor, vitstepanov@yandex.ru, Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy Sciences, Russia.

Considered are the problems of Genesis and age of the copper-nickel deposits Far East are confined to the hornblende of the hyperbasites. It is established that copper-nickel mineralization has segregated the Genesis. Determined the isotopic age of the deposits. It ranges from the late Proterozoic in Korea, until the early Cretaceous in Dambukinsky ore district of the Amur region and the early Eocene of Kamchatka.

Key words: ultrabasites hornblende, copper-nickel mineralization, isotopic age, genesis

REFERENCES

1. Bajkov A.I., Kutjev F.SH., Sidorov E.G. i dr. *Medno-nikelevoe sulfidnoe orudnenie Kamchatki* (Copper-Nickel sulphide mineralization in Kamchatka) // *Nikelenosnost' bazit-giperbazitovykh kompleksov Ukrainy, Urala, Sibiri i Dal'nego Vostoka*. Apatity. 1988. pp. 59–61.
2. *Geologiya SSSR. T. HKHKH1. Poleznye iskopaemye* (Geology of the USSR. So HKHKH1. Minerals). Moscow: Nedra. 1977. 351 p.
3. Zimin S.S. *Formatsiya nikelenosnykh rogoobmankovykh bazitov Dal'nego Vostoka* (Formation of Nickel of hornblende rocks in the Far East). Novosibirsk: Nauka. 1973. 90 p.
4. Poletaev V.A. *Kamchatskaya platinoidno-nikelenosnaya zona – geologiya i rudonosnost'* (Kamchatka platinoid-Nickel zone – the Geology and ore content). Avtoref. Kand.diss. Moscow. 2004. 22 p.
5. Stepanov V.A., Oktyabr'skij R.A., Gvozdev V.I. *Malye intruzii giperbazitov i medno-nikelevoe orudnenie Dambukinskogo rudno-rossypnogo uzla Verhnego Priamur'ya* (. Small intrusions of hyperbasites and copper-Nickel mineralization Tambukanskoe ore-placer node in the Upper Amur region) // *DAN*. 2006. T. 409. No 4. pp. 514–517.
6. Stepanov V.A., Truhin YU.P. *O vozraste SHanuchskogo medno-nikelevogo mestorozhdeniya* (About age Shanuchskoye copper-Nickel deposits) // *DAN*. 2007. T. 417. No 1. pp. 84–86.
7. Striha V.E., Stepanov V.A., Rodionov N.I. *Rannemelovaya kortlandit-piroksenit-gabbrovaya asociatsiya Verhnego Priamur'ya: geohronologicheskie i geokhimicheskie dannye* (Early Cretaceous cortlandite-pyroxenite-gabrova Association of the Upper Amur region: geochronological and geochemical data) // *DAN*. 2006. T. 407. No 5. pp. 664–668.
8. SHCHeka S.A., Vrzhosek A.A., CHubarov V.M. *Troktolit-kortlanditovaya nikelenosnaya formatsiya Dal'nego Vostoka* (Troccoli-cortlandite Nickel formation Far East of Russia) // *Geologiya medno-nikelevykh mestorozhdenij SSSR*. Leningrad: Nauka. 1990. pp. 247–255.
9. SHCHeka S.A., CHubarov V.M. *Nikelenosnye kortlandity Kamchatki* (Nickel cortlandite of Kamchatka) // *Izv. AN SSSR. Ser. geol.* 1987. No 12, pp. 50–61.