

Ультрабазит-базитовые комплексы и месторождения Сибирской трапповой провинции: новые геохимические и геофизические данные

© *Н. А. Криволицкая*¹, *Б. В. Беляцкий*², *А. В. Латышев*³, *А. С. Долгал*⁴, *Б. И. Гонгальский*⁵,
*Н. М. Свирская*¹, *Я. Бычкова*³

¹ Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, г. Москва, Россия.
E-mail: nakriv@mail.ru

² Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского,
г. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: bbelyatsky@mail.ru

³ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.
E-mail: anton.latyshov@gmail.com

⁴ Пермский государственный университет, г. Пермь, Россия. E-mail: dolgal@mi-perm.ru

⁵ Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, г. Москва, Россия.
E-mail: brgon@mail.ru

Норильские месторождения — единственный пример локализации крупных PGE-Cu-Ni месторождений в пределах крупнейшей в мире Сибирской магматической провинции, что ставит вопрос о связи рудообразования с трапповым магматизмом. Большинство существующих моделей образования месторождений не учитывают их геолого-тектоническое положение, которое имеет принципиальное значение для решения проблем их генезиса. Впервые приводятся геохимические и геофизические данные об ультрабазит-базитовых массивах из разных районов провинции. Продемонстрировано максимальное разнообразие магматических пород в пределах палеорифтовых зон, где находятся медно-никелевые месторождения, образование которых связывается с длительностью накопления сульфидного вещества в этих структурах.

Ключевые слова: магматические месторождения; Норильск; траппы; интрузивы; геохимия; Сибирская платформа.

Ultrabasic-basic complexes and deposits of the Siberian trap province: new geochemical and geophysics data

*N. A. Krivolitskaya*¹, *B. V. Belyatsky*², *A. V. Latyshev*³, *B. I. Gongalsky*⁴, *N. M. Svirskaya*¹, *Ya. V. Bychkova*³

¹ Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, RAS, Moscow, Russia. E-mail: nakriv@mail.ru

² All-Russian Geological Institute, St-Petersburg, Russia. E-mail: bbelyatsky@mail.ru

³ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

⁴ Institute of Geology of ore deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, RAS, Moscow, Russia.
E-mail: brgon@mail.ru

⁵ Perm State University, Perm, Russia, dolgal@mi-perm.ru

Norilsk deposits are a single example of localization of large PGE-Cu-Ni deposits within the world's largest Siberian magmatic province. This raises the question of the relationship of ore formation with trap magmatism. Most of the existing models of deposits origin do not take into account their geological-tectonic position, which is of fundamental importance for solving the problems of their genesis. For the first time, geological, geochemical and geophysical data on ultrabasic-basite massifs from different regions of the province are given and the maximum variability of igneous rocks within the paleo-rift zones is found, where copper-nickel deposits are located. The formation of deposits is associated with the duration of accumulation of the sulfides in these structures.

Keywords: magmatic deposits; Noril'sk; traps; intrusions; geochemistry; Siberian platform.

Норильские месторождения занимают особое место среди медно-никелевых месторождений мира, благодаря своим огромным запасам никеля и платиновых металлов, а также особенностям геологического строения. Это единственный пример локализации уникальных месторождений в пределах крупнейшей Сибирской трапповой провинции. Это ставит наиболее остро вопрос о генетической связи рудообразования с трапповым магматизмом, который отражается в современных моделях образования месторождений. Наибольшее распространение получила гипотеза формирования руд в условиях открытой магматической системы [1, 2], где интрузивы рассматриваются как горизонтальные части каналов, служащих для поступления магм на поверхность. Важным ее аспектом является признание огромной роли ассимиляции расплавом вмещающих пород, в частности, ангидритов, которые могут являться поставщиками серы для образования руд. Эта модель не учитывает пространственное расположение месторождений в пределах провинции. Последнее принималось во внимание в гипотезе образования норильских месторождений в условиях закрытой системы, предполагающей вынос

сульфидов в капельном виде напрямую из мантии [3]. Наиболее благоприятными зонами для этого процесса рассматривались краевые зоны платформы с сосредоточенными здесь глубинными разломами. Однако в последние годы было установлено коровые характеристики пород [4, 5] и малоуглубинный уровень заложения основных разломов, что требует создания новой модели образования норильских руд. Проблема образования месторождений может быть решена только при всестороннем анализе тектоники и магматизма всей провинции.

Авторам были изучены магматические образования в нескольких ключевых районах Сибирской трапповой провинции, для которых ранее не применялись современные геохимические методы исследования вещества: Норильского района (новые массивы), южного Таймыра, долин рек Кулюмбэ, Нижняя Тунгуска и Ангара. Вулканические и интрузивные породы первых двух из названных районов характеризуются наибольшим разнообразием составов, отражающих разные источники их исходных маг. В Норильском районе и на Таймыре присутствуют как высокомагнезиальные образования (до 30 мас.% MgO) с повышенным содержанием титана (2-5 мас.% TiO₂, вплоть до образования промышленных титаномагнетитовых руд — Дюмталейский массив; интрузивы норильского комплекса; гудчихинской, туклонской свит), так и субщелочные породы (ивакинская, сыверминская, сырадасайская свиты) и типичные траппы (моронговская-хараелахская, бетлинская свиты). Наблюдается и значительный разброс отношений редких элементов и радиогенных изотопов: так La/Sm отношение колеблется от 2.0 до 8.4, Gd/Yb в пределах 1.4-5.5, а ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr меняется от 0.703 до 711. Практически все интрузивные породы этих районов содержат сульфиды, концентрации которых во многих случаях достигают промышленных значений (Черногорский массив, Норильск 2, Вологочанский, Зуб-Маркшейдерский, Бинюдинский и др.), а иногда образуют уникальные руды (Талнахский, Хараелахский и Норильск 1 массивы).

Магматические породы центральной части провинции (как вулканиты, так и интрузивы), распространённые в долине р. Нижняя Тунгуска, а также р. Ангары, отличаются удивительной выдержанностью составов — концентрации MgO и TiO₂ меняются в них незначительно (5–7 и 1.3–1.5 мас.% соответственно), а La/Sm и Gd/Yb отношения варьируют в узких пределах 2.0–3.2 и 1.4–1.6. В настоящий момент сульфидная минерализация в этой части провинции не обнаружена.

Промежуточное положение занимают интрузивные породы Кулюмбинской площади, которые обладают сходством с образованиями и северной части провинции, и южной. Наряду с широко распространёнными массивами катангского комплекса, близкого по своим геохимическим параметрам с интрузивами Тунгуски и Ангары, здесь распространены массивы, строение и геохимические особенности которых аналогичны таковым Норильского района (повышенная магнезиальность пород, наличие сульфидной вкрапленности).

Проявленные геохимические закономерности тесно связаны с глубинным геологическим строением указанных районов. Норильский район и Южный Таймыр находятся на крыльях Енисей-Хатангского прогиба, с формированием которого связано и образование Норильско-Игарской палеорифтовой зоны, прослеживающейся от Талнаха до Туруханска. От нее отходят сходные по строению и выявленные с помощью псевдогравитационного поля ветви [6]: Большеавамская, Дюпкунская и Тунгусская. Кулюмбинская площадь располагается как раз в области Дюпкунской ветви и, таким образом, может рассматриваться как перспективный район на обнаружение медно-никелевых месторождений.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что принципиальное значение для образования месторождений в пределах трапповой провинции имеет тектоническая структура коры, где в длительно развивающихся участках происходило многократное внедрение как мантийных, так и коровых магм, содержащих сульфиды, которые постепенно накапливались в ходе геологических процессов (магматических, метаморфических).

Авторы искренне благодарны геологам ООО «Норильскгеология» за помощь в проведении полевых работ — В. А. Радько, А. В. Лапковскому, И. В. Сидоренко, В. Н. Ситникову и многим другим.

Литература

1. Радько В. А. Модель динамической дифференциации интрузивных траппов северо-запада Сибирской платформы // Геология и геофизика. 1991. № 11. С. 19–27.
2. Naldrett A. J. A model for the Ni-Cu-PGE ores of the Noril'sk region and its application to other areas of flood basalts // Econ. Geol. 1992. V. 87. P. 1945–1962.
3. Лихачев А. П. Платино-медно-никелевые и платиновые месторождения. М.: Эслан, 2006, 496 с.

4. Remobilisation of the continental lithosphere by a mantle plume: major-, trace-element, and Sr-, Nd-, and Pb-isotopic evidence from picritic and tholeiitic lavas of the Noril'sk District, Siberian Trap, Russia / P. C. Lightfoot [et al.] // *Contrib. Mineral. Petrol.* 1993. V.114. P. 171–188.

5. Изотопная геохимия норильских месторождений / О. В. Петров [и др.] Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 2017. 348 с.

6. Долгаль А. С., Чехович К. М. Комплексная интерпретация геопотенциальных полей при поисках медно-никелево-платинового оруденения (Норильский район) // *Геология и геофизика.* 1998. Т. 39. № 11. С. 1615–1625.

Криволицкая Надежда Александровна, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН, г. Москва.