

месторождения – геология, поиски, добыча и переработка руд. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2013. С. 120–123.

Ферштатер Г. Б., Пушкарёв Е. В. Магматические клинопироксениты Урала и их эволюция // Известия АН СССР. Серия геологическая. 1987. № 3. С. 13–23.

Ферштатер Г. Б., Пушкарёв Е. В. Нефелинсодержащие тылаиты в дунит-клинопироксенит-габбровой ассоциации Платиноносного пояса Урала // Известия АН СССР. Серия геологическая. 1992. № 4. С. 74–84.

Фролова Т. И., Бурикова И. А. Геосинклинальный вулканизм. М.: МГУ, 1977. 279 с.

Barsdell M., Berry R. F. Origin and evolution of primitive island-arc ankaramites from Western Epi, Vanuatu // Journal of Petrology. 1990. Vol. 31. P. 747–777.

Della-Pasqua F. N., Varne R. Primitive ankaramitic magmas in volcanic arcs: a melt-inclusion approach // Canadian Mineralogist. 1997. Vol. 35. P. 291–312.

Irvine T. N. Bridget Cove volcanics, Juneau arc, Alaska: possible parental magma of Alaskan-type ultramafic complexes // Carnegie Institute Year-Book-72. 1973. P. 478–491.

Kamenetsky V. S., Park J.-W., Mungall J. E., Pushkarev E. V., Ivanov A. I., Kamenetsky M. B., Yaxley G. M. Crystallization of platinum-group minerals from silicate melts: Evidence from Cr-spinel-hosted inclusions in volcanic rocks // Geology. 2015. Vol. 43. P. 903–906.

Krause J., Brugmann G. E., Pushkarev E. V. Accessory and rock forming minerals monitoring the evolution of zoned mafic-ultramafic complexes in the Central Ural Mountains // Lithos. 2007. Vol. 95. P. 19–42.

Lacroix A. Sur quelques roches volcaniques melanocrates des Possessions francaises de l' Ocean Indien et du Pacifique // Compte Rendu Hebdomadaire des Séances de l' Académie des Sciences de Paris. 1916. Vol. 163. P. 177–183.

Medard E., Schmidt M. W., Schiano P., Ottolini L. Melting of amphibole-bearing wehrlites: an experimental study on the origin of ultra-calcic nepheline-normative melts // Journal of Petrology. 2007. Vol. 47. № 3. P. 481–504.

Mossman D. J. High-Mg arc-ankaramitic dikes, Greenhills complex, Southland, New Zeland // Canadian Mineralogist. 2000. Vol. 38. P. 191–216.

Schiano P., Eiler J. M., Hutcheon I. D., Stolper E. M. Primitive CaO-rich, silica-undersaturated melts in island arcs: evidence for the involvement of clinopyroxene-rich lithologies in the petrogenesis of arc magmas // Geochemistry, Geophysics, Geosystems. 2000. № 1. 1999GC0000032.

А. В. Лаломов

*Институт геологии рудных месторождений, петрографии,
минералогии и геохимии РАН, г. Москва
lalomov@mail.ru*

Россыпная минералогия Арктической зоны России

Говоря о минерально-сырьевых ресурсах Арктики, в первую очередь, подразумеваются месторождения углеводородного сырья. Тем не менее, арктический регион обладает обширными запасами твердых (преимущественно, рудных) полезных ископаемых, в том числе, и россыпей, которые до 1970-х гг. являлись основным источником золота и олова, значительным – алмазов, платиноидов и вольфрама и единственным – мамонтового бивня. Даже в настоящее время после интенсивной, более чем полувековой отработки, россыпные месторождения составляют заметную часть балансовых минерально-сырьевых запасов и ресурсов Арктики. Также россыпи арктической зоны являются потенциальным источником редких металлов и титана (рис.).



Рис. Россыпные полезные ископаемые арктического региона и сопредельных областей.

1–8 – россыпи: 1 – золотые, 2 – платиновые, 3 – оловянные, 4 – цирконий-титановые, 5 – редкометалльные и редкоземельные, 6 – алмазные, 7 – мамонтового бивня, 8 – перспективные россыпные районы. Величина значка отражает масштаб россыпи: а – крупные и суперкрупные россыпи, б – средние. 1–24 – районы и месторождения: 1 – Ловозерский, 2 – Тиманский (Ичеть-Ю), 3 – Тиманский (Ярега), 4 – Кожымский, 5 – Мансийский, 6 – Салехардский, 7 – Норильский, 8 – Маймеча-Котуйский, 9 – Эбеляхский, 10 – Томторский, 11 – Североземельский (о. Большевик), 12 – Куларский, 13 – Ляховско-Чокурдахский, 14 – Северо-Якутский, 15 – Депутатский, 16 – Яно-Индигирский, 17 – Средне-Колымский, 18 – Билибинский, 19 – Куйвиеем-Пыркакайский, Валькумей, 20 – Ичувеемский, 21 – Рывеемский, 22 – Птичий, 23 – Иультинский, 24 – Карякский; 25–30 – перспективные россыпные районы: 25 – Карело-Кольский, 26 – Беломорский, 27 – Байдарацкий, 28 – Северо-Таймырский (Челюскинский), 29 – Анабаро-Хатангский, 30 – о. Врангеля.

В возрастном отношении промышленно значимые россыпи арктического региона относятся к трем основным этапам россыпеобразования: а) палеоген-неогеновые россыпи эпохи гумидного литогенеза, б) плейстоцен-голоценовые россыпи нивального литогенеза и в) современные техногенные образования, возникающие как за счет переработки россыпей, так и хвостов обогащения первичных руд.

Золото и платина. В арктическом регионе полностью или частично расположены крупные золотоносные провинции – Верхояно-Колымская и Чукотская, а также Таймыро-Североземельская, рудно-россыпной потенциал которой нуждается в дополнительной оценке. Одно из крупнейших месторождений – Рывеемская россыпь золота на Чукотке. За период эксплуатации месторождения (1965–1995 гг.) добыто ~250 т золота, по техногенным и прибрежно-морским образованиям прогноз составляет 155 т (табл. 1). В пределах Таймыро-Североземельской провинции имеется ряд уже выявленных россыпей, потенциал которых оценивается в 100 т россыпного и 2500 т коренного золота [Проскурнин, 2013]. Перспективными являются также Урало-Тиманский и Карело-Кольский регионы.

Основные перспективы добычи россыпных месторождений металлов платиновой группы связаны с техногенными образованиями ранних этапов эксплуатации

Таблица 1

Основные россыпные месторождения российской Арктики

Месторождение/ россыпной район	Территория	Тип	Отрабо- танные запасы (т)	Балансовые запасы (т) / содержания (г/м ³)	Прогнозные ресурсы (т) / содержания (г/м ³)
Рывеем (золото)	Восточная Чукотка	Гетерогенная россыпь прибрежных равнин	250	40	115 в т. ч. фланги – 30 целики – 35 техногенка – 50
Ичувеем- Паляваамский (золото)	Центральная Чукотка	Аллювиальные, склоновые	750	30	52
Золото	Чукотка (всего)	Все типы	1018	112	200
Кулар (золото)	Восточная Якутия	Техногенные, аллювиальные	155	18	100/1.0 (техногенные)
о. Большевик (золото)	Архипелаг Северная Земля	Аллювиальные	–	8/1.26	43/0.65
Челюскинский район (золото)	п-в Таймыр	Аллювиальная, прибрежно- морская	–	–	50/0.8
Норильск (золото, платина)	Север Крас- ноярского края	Техногенные отвалы	–	–	60/1 (золото) 430/2.5 (платина)
Маймеча- Котуйский район (платина)	Север Крас- ноярского края	Аллювиальная	–	–	15/0.6 (платино- иды) 6 /1.1 (золото)
ВСЕГО:			1400	138 золото	474 золото 445 платина
Россыпь руч. Тирехтях (олово)	СВ Якутия	Аллювиальная тектонических уступов	–	68 900/814	5 300
Россыпь руч. Одинокий (олово)	СВ Якутия	Аллювиальная унаследованных долин	–	50 900/828	1000
Чокурдах (олово)	СВ Якутия	Гетерогенный (прибрежно- морской, склоновый, элювиальный)	–	18 800/740	?
Валькумей (олово)	Чукотка	- « -	–	22 000/680	35 000
Россыпь руч. Птичий (олово)	Чукотка	Аллювиальная унаследованных долин	–	6 300/600	–
Всего олово				166 900	41 300

Норильского месторождения, которые по прогнозным оценкам соответствуют крупным и суперкрупным месторождениям (60 т золота и 430 т платины), и аллювиальными россыпями Маймеча-Котуйского района [Симонов и др., 1995].

Олово. По общему количеству разведанных запасов олова Россия занимает первое место в мире – по категориям $A+B+C_1+C_2$ – 2263.6 тыс. т и, наряду с Бразилией (2000 тыс. т) и Китаем (1800 тыс. т), входит в тройку мировых лидеров. Запасы олова в россыпях по категориям $A+B+C_1$ составляют 210 393 т (12.4 % общероссийских запасов). Сырьевая база россыпного олова России характеризуется высокой степенью концентрации: 99.3 % запасов и 97.9 % прогнозных ресурсов сосредоточены в восточном секторе Арктической зоны. При этом 71.5 % разведанных запасов россыпного олова высоких категорий сконцентрировано в четырех крупных месторождениях – Тирехтах, Одинокая, Чокурдах и Валькумей [Лаломов и др., 2015].

Алмазы. В арктическом регионе России имеется крупная россыпная Анабаро-Оленекская провинция и два потенциальных региона – Беломорский и Тимано-Уральский. На севере Анабаро-Оленекской провинции находится Эбеляхский район с уникальными по масштабам аллювиальными россыпями алмазов. В целом, Анабарский алмазоносный район содержит 64.2 % россыпных запасов и 53 % ресурсов России, в т. ч. бассейн р. Эбелях – 52.3 и 15.1 %, соответственно [Граханов, 2007].

Редкие металлы. С Кольской провинцией связана группа редких по генезису и минеральному составу лопаритовых россыпей, приуроченных к Ловозерскому массиву нефелиновых сиенитов и расположенных по его периферии и в центральной котловине, занятой оз. Сейдозеро. Подсчитанные ресурсы оцениваются в 400 тыс. т, что составляет приблизительно 10 % запасов Ловозерского ГОКа. В лопарите ловозерских россыпей содержится 8.3 % Nb_2O_5 , 0.67 % Ta_2O_5 , 39.8 % TiO_2 , 34.9 % суммы TR_2O_3 , 0.6 % ThO_2 [Россыпные..., 1997].

Уникальные ресурсы ниобия содержатся в редкоземельно-фосфатных рудах карбонатитового массива Томтор в Якутии. Наиболее обогащенной является залегающая на коре выветривания уникально богатая ниобием и редкими землями погребенная делювиально-озерная россыпь мощностью 3–35 м и площадью 8 км² (участок Буранный). Россыпь вдвое богаче самых богатых месторождений мира по ниобию (Араша, Бразилия) и редким землям (Маунтин-Пас, США). Разведанные и принятые на баланс запасы участка Буранный при бортовом содержании 3.5 % Nb_2O_5 оценены в 1.2 млн т сухой руды при содержании (%): Nb_2O_5 6.7, La_2O_3 9.5, Y_2O_3 0.6, TR_2O_3 10.1, Sc_2O_3 0.05. Прогнозные ресурсы по Буранному участку составляют 100 млн т руды [Быховский и др., 2014].

Перспективы и направления развития минерально-сырьевой базы россыпных месторождений российской Арктики. На начальном этапе освоения арктического региона россыпи (в первую очередь, это касается золота и олова восточного сектора Арктики) составляли основу горнодобывающей промышленности. По мере истощения россыпных месторождений и открытия новых коренных объектов удельный вес россыпей в балансе запасов и добыче постоянно снижался. При этом доля россыпей в добыче, в большинстве случаев, превышает долю в балансе запасов, что показывает интерес производителей к этому типу месторождений (табл. 2). Это объясняется тем, что россыпные месторождения часто являются технологически более доступными и рентабельными и требуют меньших капитальных затрат, особенно на начальном этапе освоения. Вложенные в разработку россыпей ассигнования окупаются за более короткий срок.

Таблица 2

Значение россыпей в запасах и добыче полезных ископаемых России

Вид сырья	Доли		
	запасов категорий А+В+С ₁ в россыпях, %	в общей добыче 2012 г., %	в общей добыче 1989 г., %
Золото	13.8	23.7	Около 50
Платиноиды	0.3	4.5	Около 5
Алмазы	6.5	16.7	<5
Титан*	4.5	0.6	–
Цирконий*	48.5	1.2	–
Олово*	12.4	–	25.0
Вольфрам	0.73	3.2	0.5

Примечание. * – в России, несмотря на большие запасы, эти виды сырья добываются в незначительном количестве. В мире около 50 % олова, 70 % титана и 95 % циркония добывается из россыпей.

Россыпные месторождения арктического региона России отрабатываются в течение 50–70 лет и в значительной степени выработаны. Для поддержания их потенциала необходимы:

- исследования освоенных районов на нетрадиционные типы россыпей (техногенных, содержащих мелкие и тонкие классы тяжелых минералов, а также попутные компоненты в традиционных россыпях); разработка рациональных схем обогащения, где, наряду с гравитационными методами, возможно применение химических способов извлечения полезного компонента;

- использование новых методов обработки традиционных россыпей, относящихся к забалансовым по горнотехническим условиям эксплуатации – скважинной гидродобычи для глубокозалегающих объектов и применение специализированных морских драг для эксплуатации месторождений на шельфе;

- поиск традиционных типов россыпей в малоисследованных районах, в первую очередь, на арктическом шельфе.

Литература

Быховский Л. З., Котельников Е. И., Лихникевич Е. Г., Пикалова В. С. Задачи дальнейшего изучения Томторского рудного поля с целью повышения его инвестиционной привлекательности // Разведка и охрана недр. 2014. № 9. С. 20–25.

Граханов С. А. Особенности формирования и закономерности размещения россыпей алмазов северо-востока Сибирской платформы // Дис. ... докт. геол.-мин. наук. Якутск, 2007. 309 с.

Лаломов А. В., Бочнева А. А., Чефранов Р. М., Чефранова А. В. Россыпные месторождения Арктической зоны России: современное состояние и пути развития минерально-сырьевой базы // Арктика: экология и экономика. 2015. № 2. С. 66–77.

Проскурнин В. Ф. Минерагенический анализ Таймыро-Североземельского региона и оценка его золотоносного потенциала // Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. СПб: ВСЕГЕИ, 2013. 40 с.

Россыпные месторождения России и других стран СНГ / Отв. ред. Н. П. Лаверов, Н. Г. Патык-Кара. М.: Научный мир, 1997. 479 с.

Симонов О. Н., Афанасенков А. П., Самойлов А. Г., Сидоров И. И. Минерально-сырьевая база Таймырского национального округа / В кн. «Недра Таймыра». СПб: ВСЕГЕИ, 1995. С. 5–33.

Е. В. Кислов^{1, 2}

¹ – Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ

² – Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ

Evg-kislov@ya.ru

Минерально-сырьевая база нефрита Бурятии: современное состояние, проблемы и перспективы

Нефрит – высоколиквидный ювелирно-поделочный камень, известный человечеству с давних времен и пользующийся повышенным спросом в Китае. Наибольшим спросом пользуется белый нефрит, а также изумрудно-зеленый с минимальным содержанием включений рудных минералов и повышенной просвечиваемостью. На территории Западного и Восточного Саяна, Юго-Западного Прибайкалья и Среднеивитимского нагорья находятся все важнейшие месторождения нефрита России. Определенные перспективы связываются с Уралом, Приамурьем и Якутией. К настоящему времени в России известно около 60 месторождений и проявлений этого камня.

В Бурятии находится основная часть балансовых запасов нефрита Российской Федерации (94.9 % нефрита-сырца и 92.8 % сортового камня). По состоянию на 1 января 2014 г. по 16 месторождениям Бурятии учтены запасы: С₁ – 5387.8 т нефрита-сырца (1620.6 нефрита сортового) и С₂ – 17168.2 т нефрита-сырца (4987.7 нефрита сортового, в том числе ювелирного 205.5 т). Остальные запасы находятся в Красноярском крае (2 месторождения), Тыве и Челябинской области (по одному месторождению).

Месторождения нефрита подразделяются на два эндогенных геолого-промышленных типа: апосерпентинитовых метасоматитов офиолитов (апоультрамафитовый, иногда выделяют также апомафитовый [Юргенсон, 2001]) и аподоломитовых тремолит-кальцитовых магнезиальных скарнов (апокарбонатный). При этом существуют различные точки зрения на роль метасоматических или динамометаморфических процессов в нефритообразовании. Месторождения первого типа – источник зеленого нефрита – в Бурятии сосредоточены на юго-западе: Окинский, Тункинский, Закаменский районы, за исключением Парамского месторождения на северо-востоке, в Муйском районе. Месторождения второго типа вмещают более редкий и дорогостоящий светлоокрашенный нефрит и группируются на северо-востоке Бурятии, в Баунтовском эвенкийском и Муйском районах. К экзогенным относится формация россыпей, как правило, аллювиальных, обычно тесно связанных с коренными источниками. Изучением нефритовых объектов в 1960–1990 гг. занималась экспедиция «Байкал-кварцсамоцветы». Большинство месторождений находится в труднодоступной местности, сложных горно-геологических условиях, нередко в процессе поисково-оценочных работ выявленные запасы обрабатывались.