

Россыпные месторождения Арктической зоны России: современное состояние и пути развития минерально-сырьевой базы

А. В. Лаломов¹, доктор геолого-минералогических наук,

А. А. Бочнева², кандидат геолого-минералогических наук,

Р. М. Чефранов³, кандидат геолого-минералогических наук,

А. В. Чефранова⁴, кандидат геолого-минералогических наук

ФГБУН Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН

Россыпи арктического региона России представлены месторождениями золота, платиноидов, олова, алмазов, редких металлов и титана. Хотя многие объекты осваиваются более 50 лет и к настоящему времени в значительной части выработаны, оставшиеся ресурсы представлены объектами, достигающими масштабов крупных и средних месторождений. Выделяются три направления развития минерально-сырьевой базы данных месторождений: (а) исследование потенциала освоенных районов на нетрадиционные типы россыпей; (б) использование новых методов отработки традиционных россыпей, относящихся к забалансовым по горнотехническим условиям эксплуатации; (в) поиск традиционных типов россыпей в малоисследованных районах. Исследование процессов техногенеза, использование новых технологий добычи и обогащения, а также проведение поисковых работ на шельфе и в малоисследованных районах позволят нарастить запасы полезных ископаемых Арктики.

Ключевые слова: арктический регион, россыпи, золото, олово, алмазы, редкие металлы, запасы.

Введение

Помимо углеводородного сырья арктический регион обладает обширными запасами твердых (преимущественно рудных) полезных ископаемых, в том числе и россыпного происхождения. Продолжительное время (до 70-х годов XX в.) россыпные месторождения золота и олова преобладали в объеме добываемого сырья и даже в настоящее время после интенсивной, более чем полувековой отработки составляют заметную часть балансовых запасов.

По составу среди россыпных объектов Арктики преобладают золотые, оловянные, редкоземельные и алмазные россыпи, имеются месторождения титановых минералов, платиноидов, а также промышленных скоплений мамонтовой кости (рис. 1).

Промышленно значимые россыпи арктического региона относятся к двум основным типам:

- палеоген-неогеновые россыпи эпохи гумидного литогенеза;
- плейстоцен-голоценовые россыпи нивального литогенеза.

Первый тип представлен полигенными месторождениями с пластами как континентального, так и прибрежно-морского генезиса (в том числе и находящиеся под уровнем современного моря). Характерной чертой этого типа является приуроченность к разломам, разграничивающим блоки разной направленности тектонических движений (как по знаку, так и по интенсивности). К приподнятым блокам часто относятся источники россыпного материала, к опущенным — участки накопления россыпемещающих отложений. Такие россыпи приурочены к зонам сочленения равнинных и горных структур, береговым линиям морей, межгорным впадинам и уступам фундамента равнинных областей.

¹ e-mail: lalomov@mail.ru.

² e-mail: bochneva@mail.ru.

³ e-mail: roman_chefr@bk.ru.

⁴ e-mail: achefra@mail.ru.

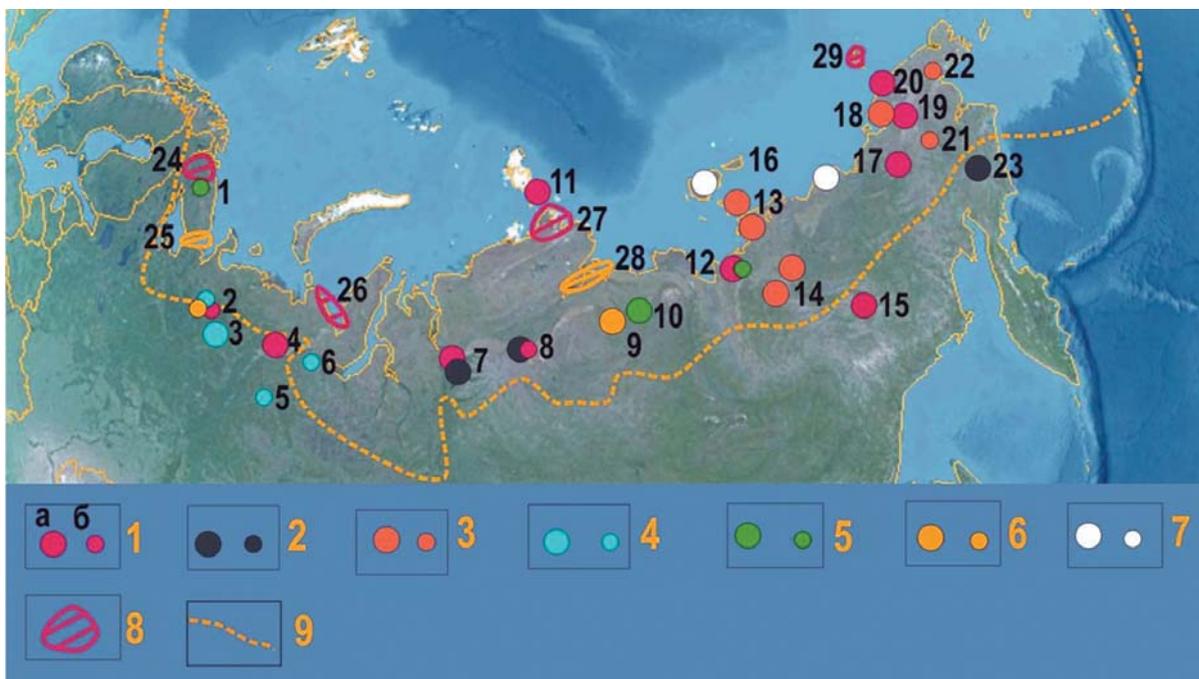


Рис. 1. Россыпные полезные ископаемые арктического региона и сопредельных областей. Районы и месторождения: 1 – Ловозерский, 2 – Тиманский (Ичеть-Ю), 3 – Тиманский (Ярега), 4 – Кожымский, 5 – Мансийский, 6 – Салехардский, 7 – Норильский, 8 – Маймеча-Котуйский, 9 – Эбеляхский, 10 – Томторский, 11 – Североземельский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

К этому же типу можно отнести россыпи погребенных пенебленов.

Очень важной представляется роль кор выветривания, особенно древних, связанных с периодами пенебленации, что характеризует влияние климатического фактора. В раннем кайнозое климатические условия способствовали дезинтеграции первичных рудовмещающих пород, активному химическому выветриванию и подготовке рудного материала для перехода в россыпи. Резкое похолодание в позднем кайнозое с формированием криолитозоны и образованием ледников существенно ослабили активность россыпеобразования, но способствовали консервации древних россыпей в толще многолетнемерзлых пород.

Второй тип россыпей контролируется элементами современного рельефа и приурочен к склоновым, аллювиальным и прибрежно-морским образованиям. Россыпи, как правило, средние и мелкие по масштабам, возникают за счет вскрытых первичных коренных источников и промежуточных коллекторов.

Повсеместно распространенным типом россыпей, интерес к которому в последнее время возрастает, являются техногенные образования, возникающие за счет как переработки россыпей, так и хвостов

обогащения первичных руд. Высоко оценивается потенциал продуктов переработки руд Норильского горно-обогатительного комбината (ГОК) по золоту и платине (особенно отходов ранних периодов обработки месторождения), которые могут достигать масштабов средних и крупных месторождений. По Рывеемскому россыпному узлу техногенные ресурсы оцениваются в 50% общих прогнозов по месторождению, по Куларскому техногенные россыпи преобладают в общем составе ресурсов. Техногенные образования достигают 40% в составе балансовых запасов Валькумейской россыпи олова.

Золото

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. До побережий арктических морей простираются Уральская, Тиманская и Карело-Кольская провинции. Для рудно-магматических и метаморфических образований, питающих россыпи, характерен широкий возрастной диапазон — от докембрия и раннего палеозоя в древних массивах до позднеммерийских систем в областях орогенеза и активизации. Кроме

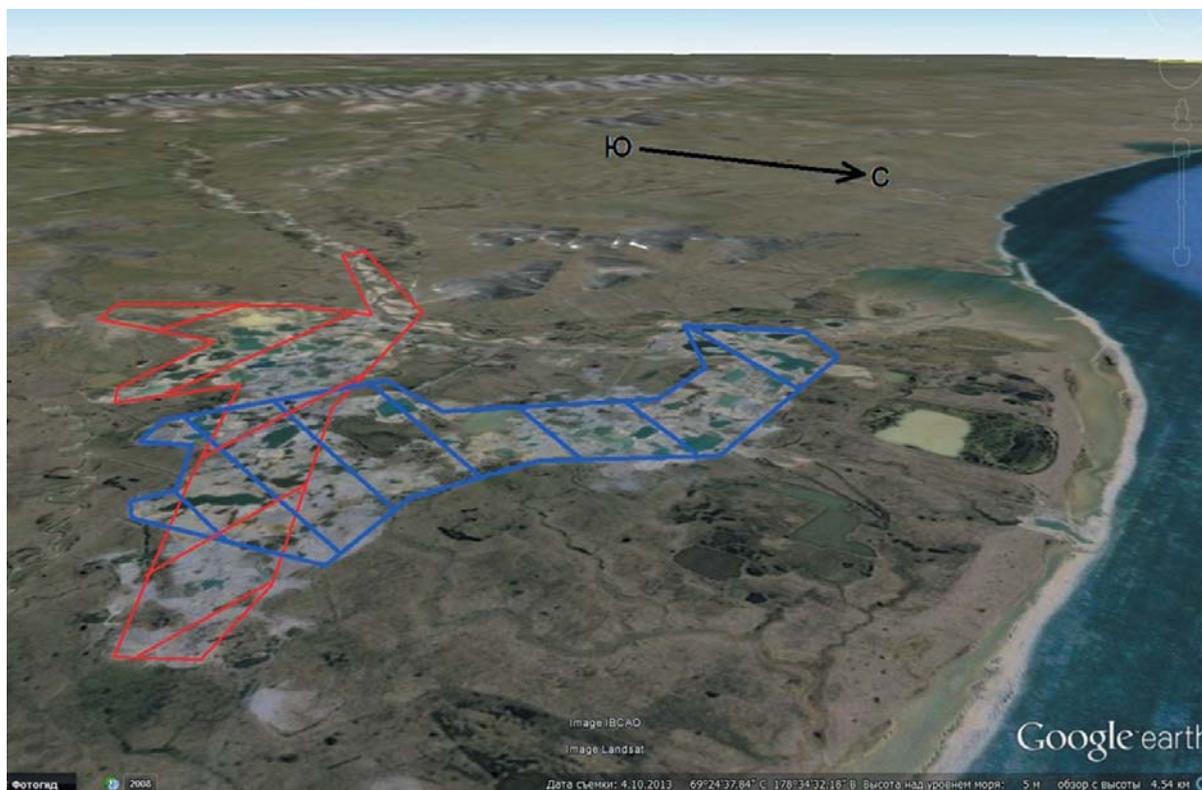


Рис. 2. Рывеевская россыпь: 1 — аллювиальный контур, 2 — прибрежно-морской контур

золото-кварцевой, золото-углеродистой и золото-сульфидно-кварцевой формаций источником поступления золота в россыпи служат базальные конгломераты и коры выветривания — промежуточные коллекторы мелового-раннепалеогенового возраста.

Ведущим геолого-промышленным типом являются россыпи приморских равнин и подножий примыкающих возвышенностей, преимущественно погребенные, с продуктивными пластами различного генезиса и большого возрастного диапазона (эоцено-плейстоцен). Среди них выделяются два подтипа.

Первый, известный как «рывеевский», выделен на приморской Валькарайской низменности и характеризуется сочетанием аллювиальных (приуроченных к зонам эрозионно-тектонических депрессий) и прибрежно-морских (контролируемых положением древних береговых линий) россыпных тел (рис. 2). Питающими для Рывеевского месторождения служат тела золото-кварцевой и золото-сульфидной формаций. Возраст продуктивных горизонтов колеблется в интервале от эоцена-олигоцена до позднего плейстоцена, мощность перекрывающих осадков достигает 40—50 м.

За период эксплуатации месторождения (1965—1995 гг.) добыто порядка 250 т золота, причем в отдельных блоках содержания достигали ураганных

значений: суточный съём металла доходил до 200 кг, а годовая добыча — до 17 т (1978 г.).

Продолжением прибрежно-морской Рывеевской россыпи является Рывильхинская группа из четырех россыпей, расположенная в лагуне и на дне моря. Ресурсы по этому участку оцениваются в 40 т при среднем содержании 4,5 г/м³.

Второй тип известен как «куларский». Он имеет континентальный, преимущественно аллювиальный генезис. Россыпи Куларского района располагаются в зоне перехода от поднятий к приморской низменности с мощным чехлом кайнозойских отложений. Погребенные пласты олигоцен-эоценового возраста имеют в основании древние золотоносные коры выветривания. За период эксплуатации (1963—1994 гг.) на месторождении добыто 155 т золота. Максимальная добыча золота на Куларе в 1974 г. достигала 9280 кг. Судя по тому, что в последний год эксплуатации (1994 г.) добыча достигала 1740 кг, первичные россыпи золота не отработаны до конца, особенно в глубокозалегающей олигоценовой части россыпи. Из-за проблем с оттаиванием продуктивных песков и повышенным содержанием мелких и тонких фракций потери золота при отработке достигали 30—50%, поэтому техногенные ресурсы оцениваются в 100 т с содержаниями до 1 г/м³ [13]. Россыпи этого типа известны также в Чаанайском

Таблица 1. Основные месторождения россыпного золота и МПГ российской Арктики

Месторождение, россыпной район	Территория	Тип	Отработанные запасы, т	Балансовые запасы, т / содержание, г/м ³	Прогнозные ресурсы, т / содержание, г/м ³	Источник
Рывеем	Восточная Чукотка	Гетерогенная россыпь прибрежных равнин	250	40	115, в том числе: фланги — 30, целики — 35, техногенка — 50	[23]
Ичувеем-Паляваамский, Билибинский районы	Центральная Чукотка	Аллювиальные, склоновые	750	30	52	[18]
Средние и мелкие россыпи разных районов	Чукотка	Преимущественно аллювиальные	18	42	33	
Чукотка (всего)		Все типы	1018	112	200	[1]
Кулар	Восточная Якутия	Техногенные, аллювиальные	155	18	100/1,0 (техногенные)	[1; 13]
Остров Большевик	Архипелаг Северная Земля	Аллювиальные россыпи	—	8/1,26	43/0,65	[17]
Челюскинский район	Полуостров Таймыр	Аллювиальная, прибрежно-морская	—	—	50/0,8	[1; 17]
Норильск	Север Красноярского края	Техногенные отвалы	—	—	60/1 (золото) 430/2,5 (платина)	[19]
Маймеч-Котуйский район	Север Красноярского края	Аллювиальная	—	—	15/0,6 (платиноиды) 6/1,1 (золото)	[20]
Средние и мелкие россыпи разных районов	Арктическая зона России	Все типы	227	?	15 (золото)	
Всего			1400	138 (золото)	474 (золото) 445 (платина)	

узле и в пределах Чаун-Киберовского и Амгуэма-Ванкаремского районов.

В пределах складчатых областей северо-востока Арктики выделяется «ичувеемский» тип, представленный аллювиальными долинными россыпями, различающимися глубиной залегания, масштабами и возрастом продуктивных горизонтов. Многие из этих объектов уже отработаны.

Своеобразна россыпная золотоносность Таймыро-Североземельской провинции с районами

Челюскинский и остров Большевик. В трех узлах последнего преобладают поверхностные аллювиальные россыпи (плейстоцен-голоцен), и лишь одна — Водораздельная на юге острова — связана с древней (олигоцен-миоценовой) береговой линией моря. Для Челюскинского района характерны полигенные (прибрежно-морские и аллювиальные) погребенные россыпи эрозионно-тектонических депрессий. Возраст продуктивных горизонтов — от олигоцена до плейстоцена. В основании толщи залегают

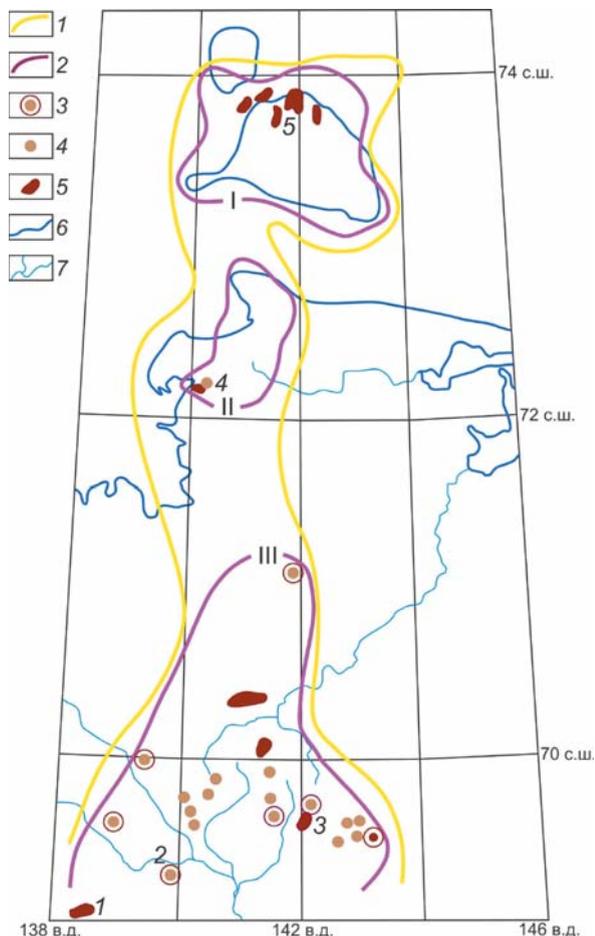


Рис. 3. Северо-Якутская оловоносная провинция [21]. Россыпи и коренные месторождения: 1 – Тирехтях, 2 – Депутатское, 3 – Одинокая, 4 – Чокурдах, 5 – Ляховские россыпи. Обозначения: 1 – границы провинции, 2 – рудно-россыпные районы (I – Ляховский, II – Чокурдахско-Святоносский, III – Депутатский), 3 – промышленные коренные месторождения олова, 4 – крупные рудопроявления олова, 5 – россыпи олова, 6 – береговая линия, 7 – элементы гидросети

золотоносные юрско-меловые конгломераты и коры выветривания. По строению золотоносность Челюскинской зоны сходна с Рывеевской.

Зафиксирована золотоносность четвертичного аллювия на острове Врангеля в области развития жильной минерализации пород палеозоя и триаса. В работе академика Н. С. Бортникова с соавторами [1] перспективы острова Врангеля на открытие крупных россыпей золота оцениваются как высокие.

В Уральско-Тиманском регионе золотоносной является комплексная (золото-алмазно-ильменитовая) россыпь Ичень-Ю. Ореолы золота, образованные за счет мелких рудопроявлений Полярного Урала и Пай-Хоя, установлены в прибрежно-морских отложениях Байдарачской губы.

Относительно слабо изучены перспективы россыпной золотоносности в Карело-Кольском регионе, хотя здесь фиксируются площади с ореолами рассеяния

металла в толще четвертичных образований, в том числе в горизонтах ледникового и водно-ледникового генезиса [5]. В сопредельных районах Финляндии добыча золота из россыпей достигала 1 т.

Металлы платиновой группы

Россыпная платиноносность известна в двух районах Таймыро-Норильской минерагенической провинции Арктики — Норильском и Маймеча-Котуйском. В первом из них обнаружены небольшие россыпи собственно платинового типа в непосредственной близости от Норильска (ручьи Медвежий и Угольный) и к югу от реки Талнах (реки Рыбная и Кета-Ирбо). Источником служат сульфидные и малосульфидные медно-никелевые руды, связанные с телами базит-ультрабазитов трапповой формации. Эти россыпи были отработаны в начальный период освоения Норильского месторождения. Основной прогноз россыпных запасов Норильского узла связан с техногенными образованиями ранних этапов эксплуатации Норильского месторождения, которые по прогнозным оценкам соответствуют крупным и суперкрупным месторождениям (60 т золота и 430 т платины) [19].

В Гулинском узле Маймеча-Котуйского района россыпи формируются за счет разрушения массива щелочных-ультраосновных пород. Комплексная россыпь ручья Ингарингда является потенциально весьма крупной по ресурсам самородного осмия. В аллювиальных россыпях бассейна реки Маймеча совместно с самородным осмием и иридием присутствует золото. Мощность пласта составляет 0,8—1,5 м при мощности торфов 0,5—11,5 м и содержании золота 1,1 г/м³ и платины 0,4—0,8 г/м³. 89% платины находится в классе 0,125—0,5 мм [20].

Перспективы россыпной платиноносности Кольского полуострова связываются с флангами Печенга-Имандра-Варзугской зоны, где расположены специализированные платиноносные массивы базит-гипербазитов и щелочных ультраосновных пород.

Основные месторождения россыпного золота и металлов платиновой группы (МПП) российской Арктики представлены в табл. 1.

Олово

По общему количеству разведанных запасов олова Россия занимает первое место в мире (по категориями A + B + C₁ + C₂) — 2263,6 тыс. т и наряду с Бразилией (2000 тыс. т) и Китаем (1800 тыс. т) входит в тройку мировых лидеров [12]. Запасы олова в россыпях по категориям A + B + C₁ составляют 210 393 т (12,4% общероссийских запасов) [3].

Сырьевая база россыпного олова России характеризуется высокой степенью концентрации, 99,3% запасов и 97,9% прогнозных ресурсов сосредоточено в восточном секторе Арктической зоны. При этом 71,5% разведанных запасов россыпного олова высоких категорий сконцентрировано в четырех

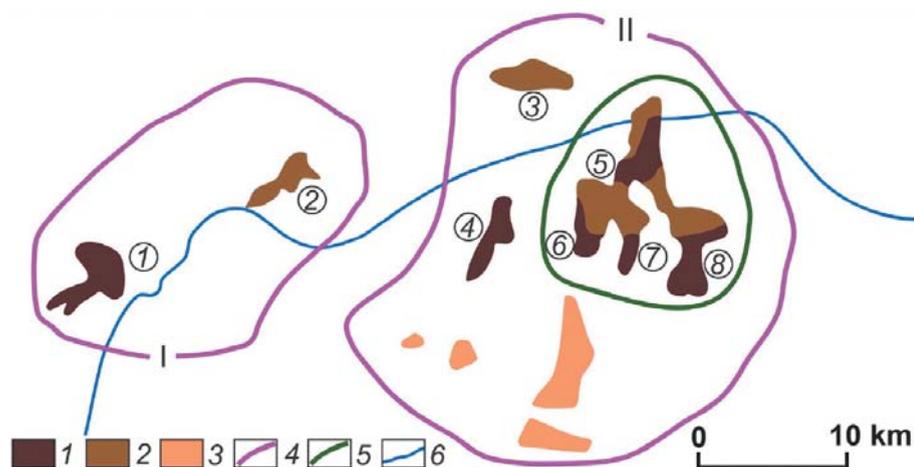


Рис. 4. Россыпные объекты Ляховского оловоносного района. Геометризированные контуры объектов в блоках подсчета: 1 – запасов категории C_2 , 2 – прогнозных ресурсов категории P_1 , 3 – прогнозных ресурсов категории P_2 . Границы россыпных таксонов: 4 – россыпных узлов (I – Северо-Ляховского, II – Западно-Ляховского), 5 – Куттинского россыпного поля, 6 – береговая линия. Россыпи: 1 – Западная, 2 – Боруога, 3 – Этерикан, 4 – Тарская, 5 – Малая Кутта, 6 – Левая Кутта, 7 – Правая Кутта, 8 – Тохтубут

крупных месторождениях: Тирехтях, Одинокая, Чокурдах и Валькумей.

В мире доля россыпных месторождений в общем объеме добычи составляет 53,4% (в Азии — 80,5%), в России на конец 1990-х годов из россыпей добывалось 25% [3; 21]. После резкого падения цен на олово и перехода к рыночному экономическим

отношениям в начале 1990-х годов добыча олова в России практически прекратилась.

Северо-Якутская оловоносная провинция (рис. 3)

Депутатский рудно-россыпной район. Месторождение Тирехтях относится к россыпям тектонических уступов. Оно контролируется сочленением морфоструктур первого порядка: Верхне-Селенняхской

Таблица 2. Характеристики основных россыпных месторождений Ляховского оловоносного района [21]

Россыпь	Орографическое положение	Структурно-геоморфологический контроль	Средняя мощность пластов, м	Среднее содержание касситерита, г/м ³	Запасы и прогнозные ресурсы, тыс. т	
					C_2	P_1
Малая Кутта	Суша/акватория глубина до 5 м	Эрозионно-тектоническая палеодепрессия	12,0	800	44,9	—
Левая Кутта	Островная суша	Эрозионно-тектоническая палеодепрессия	2,3	1150	5,9	—
Правая Кутта	Островная суша	Денудационная равнина	2,4	1650	1,7	—
Тохтубут	Суша	Денудационная равнина	2,6	1670	11,2	—
Тарская	Суша	Эрозионно-тектоническая палеодепрессия	2,9	610	2,2	—
Западная	Акватория, глубина до 5 м	Тектонический уступ	7,5	1130	44,0	—
Боруога	Акватория, глубина до 1—2 м	Денудационная равнина	4,3	1880	—	39,0
Всего					109,9	39,0

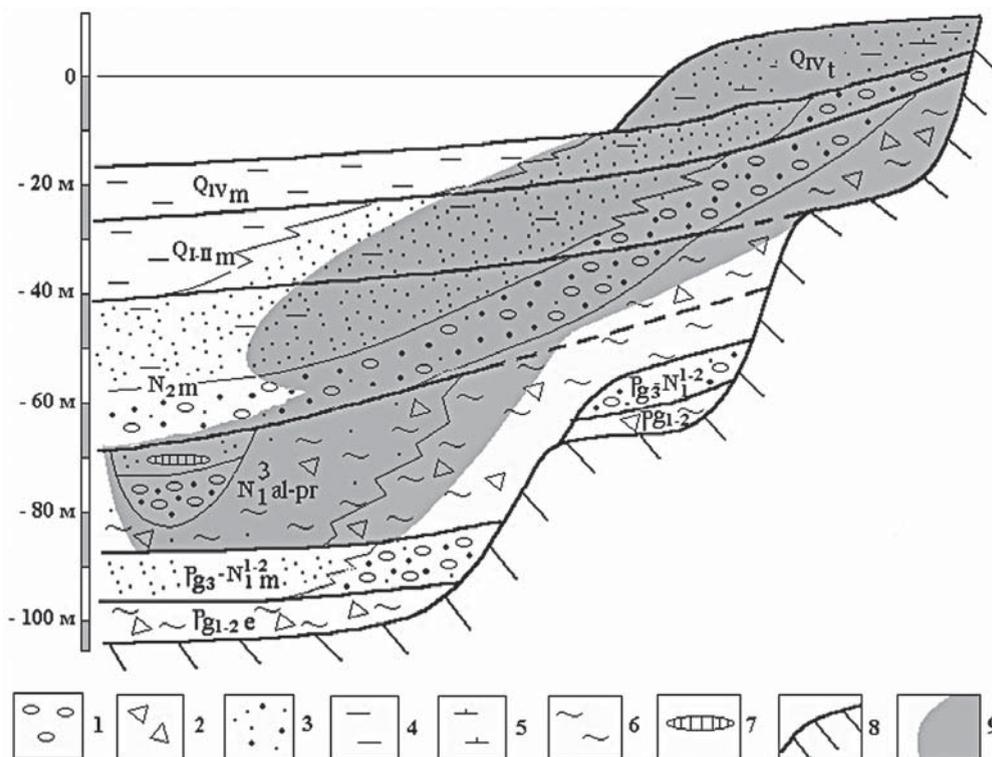


Рис. 5. Обобщенный разрез Валькумейской россыпи [10]. 1 – галечники, 2 – щебень, 3 – разнозернистые пески, 4 – ил, 5 – лед, 6 – глина, 7 – органика, 8 – коренные метаморфизованные осадочные породы, 9 – россыпь олова. Обозначения: $P_{g1-2}e$ – элювиальные отложения, палеоцен-эоцен, $P_{g3-N1-2}m$ – мелководные прибрежно-морские отложения, олигоцен-нижний-средний миоцен, N_1^{al-pr} – комплекс пролювиальных отложений верхнего миоцена со вложенными аллювиальными, N_2m – прибрежно-морские отложения, плиоцен, $Q_{I-II}m$ – прибрежно-морские отложения, нижний-средний плейстоцен, $Q_{IV}m$ – прибрежно-морские отложения, голоцен, $Q_{IV}t$ – техногенные отложения, голоцен

межгорной неотектонической впадиной и складчато-глыбовым поднятием Салтага-Тас. Продуктивными отложениями являются разновозрастные аллювиальные и склоново-пролювиальные осадки. Балансовые запасы россыпи составляют 68,9 тыс. т при среднем содержании 0,81 кг/м³. Коренным источником служат рудные тела касситерит-силикатной формации.

Россыпь Одинокая относится к гетерогенным (эллювиальным-склоновым-аллювиальным) образованиям. Балансовые запасы россыпи — 50,9 тыс. т при среднем содержании 0,83 кг/м³. Образована за счет штокверка касситерит-кварцевого состава. Вследствие крепости вмещающих пород, представленных кварц-топазовыми грейзенами, около 50% касситерита россыпи находится в сростках, в результате чего схема отработки россыпи включает в себя предварительное дробление материала.

Чокурдахско-Святоносский россыпной район. В районе выявлено Чокурдахское россыпное месторождение, расположенное на акватории Ванькиной губы в юго-восточной части моря Лаптевых. Россыпь, локализованная в зоне тектонического уступа длительного развития (миоцен-голоцен), залегает на плотике озерно-аллювиальных суглинков эоцен-олигоценного возраста до отметки –60 м и представлена оловоносными, в основном прибрежно-морскими, осадками, венчающимися голоценовыми пляжевой и делювиальной россыпями. Мощность оловоносного пласта на акватории меняется от 4 м (в прибрежной части) до 58 м (по мере удаления от берега). Протяженность россыпи — 2,4 км, ширина в центральной части — 520—800 м, на флангах — 240 м. Максимальные содержания олова (до 6,9 кг/м³) установлены

в плиоцен-раннеплейстоценовых слоях центральной части россыпи при среднем содержании по месторождению 0,74 кг/м³. Запасы месторождения оценены по категории C_1 и составляют 18,8 тыс. т.

Ляховский россыпной район [21]. Наиболее показательным по разнообразию россыпной оловоносности, масштабности запасов по категории C_2 и прогнозных ресурсов достоверных категорий (P_1 и частично P_2) является Ляховский оловоносный район, в металлогеническом плане представляющий собой северный фланг Северо-Якутской оловоносной провинции. Основная часть запасов и прогнозных ресурсов района сосредоточена на севере острова Большой Ляховский и акватории мелководного (до 10 м) пролива Этерикан, в пределах Северо-Ляховского и Западно-Ляховского россыпных узлов.

Таблица 3. Параметры основных балансовых россыпей олова [3; 22]

Россыпь	Генезис	Структурно-геоморфологический контроль	Среднее содержание касситерита, г/м ³	Запасы и ресурсы, тыс. т		
				A+B+C ₁	C ₂	P ₁
Россыпь ручья Тирехтях (Якутия)	Аллювиальный	Тектонический уступ	814	68,9	5,3	—
Россыпь ручья Одинокий (Якутия)	Аллювиально-склоновый	Унаследованная долина	828	50,9	1	—
Чокурдах (Якутия)	Гетерогенный (прибрежно-морской, склоновый, элювиальный)	Тектонический уступ	740	18,8	?	—
Валькумей (Чукотка)	Гетерогенный (прибрежно-морской, аллювиальный, склоновый, техногенный)	Тектонический уступ	680	12,5	9,5	35
Россыпь ручья Птичий (Чукотка)	Аллювиальный, пролювиальный	Унаследованная долина	600	6,3	—	—
<i>Всего</i>				157,4	15,8	35

Северо-Ляховский узел включает ряд пространственно сближенных россыпей различного генезиса (от аллювиально-пролювиальных до полигенных и прибрежно-морских) (рис. 4). Помимо россыпей Куттинского поля к месторождениям (по содержанию и запасам) отнесена россыпь Тарская. Остальные россыпи, локализованные в юго-западной части узла, — забалансовые.

Западно-Ляховский россыпной узел охватывает северо-западную часть острова Большой Ляховский и прилегающую часть пролива Этерикан. В пределах узла выделяются два крупных погребенных россыпных месторождения — Западное и Боруога.

Россыпь Западная, прослеженная на 6 км, расположена на акватории и приурочена к восточному склону возвышенности на поверхности погребенной денудационной равнины. Россыпь двухпластовая. Нижний, приплотиковый горизонт со средней мощностью 3,5 м представлен палеоценовой корой выветривания и полигенетическими, преимущественно прибрежно-морскими, палеоцено-олигоценными отложениями, верхний — плиоцен-нижнеплейстоценовыми прибрежно-морскими отложениями мощностью 0,4—8,0 м. На склоне возвышенности оба горизонта сливаются в единый пласт с увеличением мощности до 18 м. Средняя мощность песков по месторождению — 7,5 м, торфов — 20 м, среднее содержание — 1,1 кг/м³, запасы по категории C₂ — 44 тыс. т.

Россыпь Боруога расположена также на акватории пролива Этерикан в пределах обширной

прибрежной осушки. Россыпь погребенная, плащеобразная, однопластовая, залегает на поверхности пенеплена на отметках –20 и –10 м. Продуктивный пласт — прибрежно-морские плиоцен-нижнеплейстоценовые гравийно-галечные отложения средней мощностью 4,3 м. Среднее содержание олова по месторождению — 1,88 кг/м³; средний коэффициент вскрыши — 3,5. Прогнозные ресурсы, оцененные по категории P₁, составляют 39 тыс. т.

Касситерит в россыпях мелкий, основная масса (60%) сосредоточена в классе 0,2—0,5 мм, средний размер зерен касситерита — 0,32 мм.

Чукотская оловоносная провинция

Россыпи олова в Чаунской губе (Певекский рудно-россыпной узел) Восточно-Сибирского моря в металлогеническом плане приурочены к акваторному флангу Валькумейского оловорудного месторождения (рис. 5) касситерит-силикатной формации. Все россыпные тела расположены в пределах тектонического уступа, разделяющего сводово-купольное поднятие Певекского гранитоидного массива и Чаунской неотектонической депрессии. В генетическом плане выделяются делювиально-пролювиальные, аллювиальные, прибрежно-морские и техногенные образования. Подсчет запасов производился на выемочную мощность, которая изменяется от 2 до 50 м (в среднем 8,8 м) при среднем содержании олова 0,68 кг/м³. Промышленные запасы по категории C₁ совместно с прилегающей техногенной россыпью

составляют 12,5 тыс. т. Забалансовые запасы (по горно-геологическим условиям эксплуатации глубже 50 м от уреза) составили 9,5 тыс. т [14]. Прогнозные ресурсы оцениваются в 35 тыс. т при среднем содержании 0,7 кг/м³ [21].

Аллювиальные россыпные месторождения Куйвиевеем-Пыркакайского рудно-россыпного района эксплуатировались более пятидесяти лет и в настоящее время практически полностью выработаны.

Из поставленных на баланс запасов в последние годы наиболее крупной является россыпь долины реки Птичий-Омрельная. В верхней части — ложковая и русловая, в долине Омрельная — погребенная, расположенная в слабовыраженном тальвеге палеодолины, перекрытая флювио-гляциальными отложениями, мощность торфов до 20 м. Мощность пласта — 3,5 м (от 0,8 до 5,6 м), содержания достигают 13 кг/м³ при среднем около 600 г/м³. Образовано за счет бедных минерализованных зон штокверкового типа касситерит-кварцевой формации. Запасы — 6272 т.

Существенный рост мировых цен на олово, приближающихся к 30 тыс. долл./т, определяет возможность возобновления добычи олова в арктическом регионе России на новом уровне технологии и организации горнопромышленных работ. При этом следует иметь в виду возможность последовательной отработки шельфовых месторождений одним плавучим добычным комплексом. Представляется целесообразным начать их освоение с месторождений Чаунской губы (с сохранившейся в Певеке портовой инфраструктурой) с последующим освоением объектов на шельфе Новосибирских островов и в Ванькиной губе моря Лаптевых и одновременными геологоразведочными работами в проливе Этерикан, обеспечивающими дальнейший прирост запасов олова [8].

Алмазы

В арктическом регионе России имеются крупная россыпная Анабаро-Оленекская провинция и два потенциальных региона — Беломорский и Тимано-Уральский. Первичные источники алмазов, кимберлиты, известны далеко не везде, но, как правило, существуют промежуточные коллекторы в палеозойских, мезозойских и кайнозойских толщах.

На севере Анабаро-Оленекской провинции находится Эбеляхский район с уникальными по масштабам аллювиальными россыпями алмазов. Промышленная алмазоносность реки Эбелях установлена в продуктах переотложенных кор выветривания, разновозрастных аллювиальных отложениях. Продуктивный пласт представлен валунно-галечными, гравийными и щебнистыми отложениями с суглинистым заполнителем. Наиболее алмазоносными являются участки долин в зонах неотектонических поднятий с сокращенной мощностью аллювия, а также в зонах развития карстующихся пород плотика. Образование россыпей происходило за счет перемыва промежуточных коллекторов неогенового возраста.

В целом Анабарский алмазоносный район содержит 64,2% россыпных запасов и 53% ресурсов России, в том числе бассейн реки Эбелях — 52,3% и 15,1% соответственно [7]. Общие запасы алмазов россыпи реки Эбелях составляют 23,3 млн кар по категории C₁ и 2,8 млн кар по категории C₂ [3] при содержаниях 1—5 кар/м³.

Севернее, в Анабаро-Хатангском районе, известны обширные ореолы рассеяния пиропов, пикроильменита, хромдиопсида и россыпепроявления алмазов (обычно в сочетании с золотом), приуроченные к современному аллювиальному и пляжевым отложениям (Хатангский залив, побережье моря Лаптевых). Коренные источники алмазов неизвестны, промежуточными коллекторами являются базальные конгломераты палеозоя, мезозоя и раннего-среднего кайнозоя.

В Архангельской провинции выявлены коренные месторождения алмазов, но россыпи пока не обнаружены. Единичные зерна алмазов и многочисленные ореолы рассеяния их спутников (пироп, хромшпинелиды, хромдиопсид) выявлены в современных прибрежно-морских и аллювиально-морских отложениях побережья и горла Белого моря.

В Канино-Тиманском районе известна девонская комплексная золото-алмазно-титановая россыпь, а также фиксируются многочисленные ореолы рассеяния спутников алмазов и находки единичных кристаллов в отложениях современного пляжа, приустьевых пойменных и террасовых образованиях. Основными источниками питания служат промежуточные коллекторы — терригенные толщи силура, девона и, возможно, триаса-юры.

Редкие металлы

Редкометалльные россыпи представлены несколькими типами, распространенными в Кольской, Урало-Тиманской, Северо-Сибирской и Верхояно-Колымско-Чукотской провинциях.

С Кольской провинцией связана группа редких по генезису и минеральному составу лопаритовых россыпей, связанных с Ловозерским массивом нефелиновых сиенитов и расположенных по его периферии и в центральной котловине, занятой Сейдозером [18]. Их местоположение контролируется участками максимального вскрытия лопаритоносных пород дифференцированного комплекса и локальными депрессиями коренного ложа. Слабонаклонные пластовые выдержанные залежи сложены толщей валунно-галечных отложений мощностью от 5 до 72 м (средняя — 30 м). Основная масса лопарита концентрируется в глинистых песках класса 1 + 0,14 мм. Средние содержания лопарита в этой залежи составляют 2,6 кг/м³. Подсчитанные ресурсы оцениваются в 400 тыс. т, что составляет приблизительно 10% запасов Ловозерского ГОКа [2]. В лопарите ловозерских россыпей содержится 8,3% Nb₂O₅, 0,67% Ta₂O₅, 39,8% TiO₂, суммы 34,9% TR₂O₃, 0,6% ThO₂ [9].

Таблица 4. Значение россыпей в запасах и добыче полезных ископаемых России [3]

Вид сырья	Доля запасов категорий А + В + С ₁ в россыпях, %	Доля в общей добыче в 2012 г., %	Доля в общей добыче в 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

* Титановое и циркониевое сырье на 98,5% обеспечивается за счет импорта с Украины, где оно добывается на россыпном Малышевском месторождении.

** Добыча олова в России практически прекращена как на россыпных, так и на коренных объектах. В 2012 г. было добыто только 311 т на Правоурмийском коренном месторождении (Хабаровский край) [6].

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% Nb₂O₅ оценены в 1,2 млн т сухой руды при содержании 6,7% Nb₂O₅, 9,5% La₂O₃, 0,6% Y₂O₃, 10,1% TR₂O₃, 0,05% Sc₂O₃. Прогнозные ресурсы по Буранному участку составляют 100 млн т руды по категории P₁ при содержании 8,2% TR₂O₃, 1,5% Nb₂O₅, 0,05% Sc₂O₃. Основной риск освоения Томторского месторождения связан с отсутствием рациональной технологии передела руд с получением товарных редкометаллических и редкоземельных продуктов [4].

К новому, потенциально промышленному типу относятся редкоземельно-золотые россыпи Куларского района на севере Якутии. Здесь в золотоносных песках аллювиального и техногенного генезиса установлены высокие содержания монацита с содержаниями 1,5—3 кг/м³, поступающего из терригенных углеродистых толщ карбона-перми. Ресурсы монацита оцениваются в 40 тыс. т [13].

Титан-циркониевые россыпи

Хотя климатические обстановки арктического региона и гидродинамические условия осадочных бассейнов неблагоприятны для образования современных редкометалльно-титановых россыпей, в регионе известны крупные (Ичень-Ю) и гигантские (Ярега) титановые россыпи на Тимане. В Западной

Сибири перспективными на выявление ископаемых редкометалльно-титановых россыпей являются ниже- и среднекайнозойские отложения Зауральского россыпного района, промышленная металлоносность которого подтверждена в результате поисково-разведочных работ 2006—2010 гг. [11]. В окрестностях Салехарда были установлены повышенные концентрации титан-циркониевых минералов. Содержание циркона в песках достигает 35,6 кг/м³ при среднем значении 7,7 кг/м³, ильменита — до 125,9 кг/м³ (среднее значение — 36,6 кг/м³). Мощность продуктивного горизонта — 5,6 м. Прогнозные ресурсы Салехардской площади по категории P₁ + P₂ составили 146 тыс. т ZrO₂ и 969 тыс. т TiO₂, что соответствует запасам среднего месторождения. Планируемые поисковые работы позволят оценить параметры металлоносности, технологические свойства песков и экономическую целесообразность промышленного освоения месторождения [16].

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 горно-добывающей промышленности. По мере исчерпания 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 (табл. 4), что показывает интерес производителей к данному типу месторождений.

Это объясняется тем, что россыпные месторождения часто более технологически доступны и рентабельны, требуют меньших капитальных затрат,

особенно на начальном этапе освоения. Вложенные в разработку россыпей ассигнования окупаются за более короткий срок. Поэтому при освоении новых месторождений (или реанимации старых горнопромышленных районов, эксплуатация которых была остановлена в 1990-е годы) россыпи могут являться первоочередными объектами, их отработка позволит экономически более плавно проходить этап первоначального вложения средств в эксплуатацию месторождений. Особенно это актуально для труднодоступных и удаленных районов Арктики, требующих крупных капитальных затрат на освоение новых горнопромышленных объектов.

Это определяет необходимость анализа минерально-сырьевой базы и технолого-экономических особенностей россыпных месторождений арктического региона. Здесь можно выделить три направления:

- Исследование потенциала освоенных районов на нетрадиционные типы россыпей (техногенных, содержащих мелкие и тонкие классы тяжелых минералов, а также попутные компоненты в традиционных россыпях). В этом направлении необходимо исследовать состав техногенных россыпей и процессы, происходящие в обстановке техногенеза [15]. Для россыпей, содержащих мелкие классы полезных минералов, необходима разработка рациональных схем обогащения, где наряду с гравитационными методами возможно применение химических способов извлечения полезного компонента. Для месторождений, содержащих значительное количество тяжелых минералов в сростках (оловянная россыпь Одинокая), рационально использовать предварительное дробление. В целом целесообразно исследовать возможность применения рудных схем обогащения для отработки нетрадиционных россыпей. Для россыпей сложного состава (редкометалльно-золотая россыпь Кулара, золото-платиновые россыпи Таймыра, попутное золото алмазных, касситеритовых и титановых россыпей и т. д.) необходимо изучение всех полезных компонентов с разработкой технологических схем их полного извлечения и технико-экономической оценкой этих объектов как комплексных месторождений.
- Использование новых методов отработки традиционных россыпей, относящихся к забалансовым по горнотехническим условиям эксплуатации. Здесь необходимо исследование возможностей их отработки с использованием методов скважинной гидродобычи для глубокозалегающих объектов и применение специализированных морских драг для эксплуатации месторождений на шельфе.
- Поиск традиционных типов россыпей в малоисследованных районах. Если учесть более чем полувековую историю исследования, поисков, разведки и эксплуатации россыпей арктического региона, выявление крупных первичных россыпных месторождений в освоенных горнопромышленных

районах представляется маловероятным, хотя не исключается обнаружение новых россыпей под чехлом рыхлых отложений в пределах приморских равнин. Высоко оценивается россыпной потенциал малоисследованного Таймыро-Североземельского региона и острова Врангеля. Практически не изучена область арктического шельфа, где возможно выявление крупных прибрежно-морских и погребенных аллювиальных россыпных месторождений.

Заключение

Россыпные месторождения арктического региона России обрабатываются в течение 50—70 лет. Они представлены широким спектром минеральных и генетических типов россыпей. Многие из этих объектов в значительной части выработаны, но оставшиеся ресурсы достигают масштабов крупных и средних месторождений. В первую очередь это относится к нетрадиционным типам россыпей — техногенным, содержащим мелкие и тонкие классы тяжелых минералов, расположенным на шельфе, литифицированным и глубокозалегающим. Использование новых технологий добычи и обогащения (скважинной гидродобычи, морских драг, применение рудных схем обработки и т. д.) позволит нарастить запасы этих полезных ископаемых.

Несмотря на то что в балансах руд на сегодня преобладают коренные объекты, россыпные месторождения часто являются более рентабельными и первоочередными, поэтому рационально включать их в общую схему отработки запасов на начальных этапах освоения новых (или реанимации старых) горнопромышленных районов.

По совокупности уже разведанных и обрабатываемых россыпных месторождений, а также по потенциальным прогнозным ресурсам арктический регион — это крупная полиминеральная и полигенная мегапровинция, обладающая существенным россыпным потенциалом.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы Президиума РАН «Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации».

Литература

1. Бортников Н. С., Лобанов К. В., Волков А. В. и др. Арктические ресурсы золота в глобальной перспективе // Арктика: экология и экономика. — 2014. — № 4 (16). — С. 28—37.
2. Быховский Л. З. Реальные, потенциальные и перспективные источники редкоземельного сырья в России // Минер. ресурсы России. Экономика и управление. — 2014. — № 4. — С. 2—8.
3. Быховский Л. З., Спорыхина Л. В. Россыпные месторождения в сырьевой базе и добыче полезных ископаемых // Минер. ресурсы России. Экономика и управление. — 2013. — № 6. — С. 6—17.

4. Быховский Л. З., Котельников Е. И., Лихневич 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.
5. Гавриленко Б. В. Минерагения благородных металлов и алмазов северо-восточной части Балтийского щита: Автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук / МГУ. — М., 2003. — 50 с.
6. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2011 году». — М., 2013.
7. Граханов С. А. Особенности формирования и закономерности размещения россыпей алмазов северо-востока Сибирской платформы: Автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук / Ин-т геологии алмаза и благородных металлов СО РАН. — Якутск, 2007. — 309 с.
8. Гришаев С. И. Российский рынок олова и его ближайшие перспективы // Минер. ресурсы России. Экономика и управление. — 2007. — № 4. — С. 64—68.
9. Иванова А. М. Уникальные россыпи континентальных окраин России // Российская Арктика: геологическая история, минерагения, геоэкология. — СПб: ВНИИОкеангеология, 2002. — С. 810—814.
10. Лаломов А. В., Таболич С. Э. Прогнозирование динамики техногенных россыпей в береговой зоне моря на основе численного моделирования на примере Валькумейского месторождения // Геология рудных месторождений. — 2009. — № 3. — С. 239—249.
11. Лаломов А. В., Бочнева А. А., Чефранов Р. М., Трофимов В. А. Литолого-фациальное районирование и титан-циркониевая металлоносность Мансийской и Северо-Сосьвинской площадей Зауральского россыпного района // Литология и полезные ископаемые. — 2010. — № 4. — С. 370—382.
12. Луняшин П. Д. Восстановится ли добыча олова в России? // Пром. ведомости. — 2011. — № 1—2 (<http://www.promved.ru/articles/article.phtml?id=2041&nomer=68>).
13. Луняшин П. Д. Золотые копи арктического Кулара // Металлы Евразии. — 2011. — № 6 (<http://www.miningexpo.ru/news/18988>).
14. Манкеев А. А., Михайлов В. И., Чемоданова З. В., Лаломов А. В. Отчет о детальной разведке россыпи олова участка Валькумейский (с защитой запасов в ГКЗ СССР). — Певек: Чаунская ГРЭ; ПГО «Севостгеология», 1987. — 380 с.
15. Наумов В. А. Минерагения, техногенез и перспективы комплексного освоения золотоносного аллювия: Автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук / Перм. гос. ун-т. — Пермь, 2011. — 40 с.
16. Постановление администрации ЯНАО от 28.12.2005 № 373-а об утверждении ведомственной целевой программы «Развитие минерально-сырьевой базы Ямало-Ненецкого автономного округа (2006—2008 гг.)».
17. Проскурин В. Ф. Минерагенический анализ Таймыро-Североземельского региона и оценка его золотоносного потенциала: Автореф. ... д-ра геол.-минерал. наук / ВСЕГЕИ. — СПб., 2013. — 40 с.
18. Россыпные месторождения России и других стран СНГ / Отв. ред Н. П. Лаверов, Н. Г. Патык-Кара. — М.: Науч. мир, 1997. — 479 с.
19. Самохвалова Е. Г. Состояние минерально-сырьевой базы Таймырского автономного округа // http://www.kalenikov.ru/doog/seminar/material_046.htm.
20. Симонов О. Н., Афанасенков А. П., Самойлов А. Г., Сидоров И. И. Минерально-сырьевая база Таймырского национального округа // Недр Таймыра. — СПб.: ВСЕГЕИ, 1995. — С. 5—33.
21. Смирнов А. Н., Ушаков В. И., Крюков В. Д. Резерв минерально-сырьевой базы олова на шельфах арктических морей России // Минер. ресурсы России. Экономика и управление. — 2008. — № 6. — С. 15—21.
22. Состояние и использование минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации // http://www.mineral.ru/Facts/russia/161/538/3_13_sn.pdf. — С. 179—184.
23. Флеров И. Б., Эсаулов Ю. А., Сухорослов В. Л. и др. Золотые россыпи Рывеема — объект для крупных инвестиций // Седьмая международная конференция «Золотодобывающая промышленность России. Состояние и перспективы развития». — [Б. м.], 2005 (<http://www.infogeo.ru/metalls/news/?act=show&news=9477#ixzz3FYOARDxF>).