



УДК 551.263:553.2:553.6

ОСАДОЧНЫЕ КОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ МЕХАНОГЕННЫЕ ТЕРРИГЕННЫЕ ФОРМАЦИИ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Скурский М.Д.^{1,2}, Вейц Р.А.¹, Возная А.А.¹, Грибанова Г.И.¹, Кижаяева Н.Н.¹

¹ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»

²ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет»

Аннотация.

Согласно классической теории россыпеобразования, основы которой заложены в работах В. Линдгрена, К. Рейборна, Г. Милнера, Е. Данна, Ю.А. Билибина, И.С. Рожкова, гумидные обстановки обеспечивают глубокое химическое выветривание пород и возможности транспортировки, сортировки и накопления относительно прочных и тяжелых минералов в водной среде (в речных долинах и береговой зоне) и потому обладают приоритетом в формировании россыпных месторождений.

Эти воззрения претерпели существенную трансформацию в середине 60-х годов при изучении россыпей золота на Северо-Востоке страны. Выяснилось, что мерзлота также не препятствует образованию россыпей, а физические и химические изменения горных пород в зоне многолетнемерзлых пород и особенности склоновых и флювиальных процессов накладывают отпечаток на строение россыпных месторождений. Перигляциальный (приледниковый) литогенез, определяя специфические механизмы перемещения обломочных масс и концентрации тяжелых минералов, способствует возникновению особых морфогенетических типов россыпных месторождений, во многом отличающихся от россыпей гумидных областей. Области перигляциального литогенеза занимают 34,5 млн. км² (23% суши), в том числе более 22 млн. км² только в Северном полушарии (из них более 11 млн. км² на территории России).

Принято было также считать, что семиаридные (полуаридные), аридные (сухой климат) обстановки, которые сегодня занимают почти 23% поверхности суши, также мало благоприятны для формирования крупных россыпей в силу сокращения или полного отсутствия поверхностного стока. Между тем к концу 80-х годов накопилось достаточное число фактов, свидетельствующих о высвобождении россыпеобразующих минералов, их переносе, сортировке и концентрации в различных средах аридных и семиаридных областей. Ниже рассматриваются формации россыпных месторождений полезных ископаемых. В их названиях упущены продуцирующие их геологические и рудные формации в силу того, что у россыпей в особенности дальнего сноса полностью, а ближнего нередко частично утрачена связь с коренными источниками. В тексте же по возможности они восстанавливаются.



Информация о статье

Поступила:

17 сентября 2021 г.

Рецензирование:

15 октября 2021 г.

Принята к печати:

23 октября 2021 г.

Ключевые слова:

россыпные месторождения,
формации, полезные
ископаемые, минералы,
благородные металлы,
осадконакопление,
россыпеобразование

Для цитирования: Скурский М.Д., Вейц Р.А., Возная А.А., Грибанова Г.И., Кижаяева Н.Н. Осадочные континентальные механогенные терригенные формации россыпных месторождений полезных ископаемых // Техника и технология горного дела. – 2021. – № 4 (15). – С. 4-12. – DOI: 10.26730/2618-7434-2021-4-4-39



Введение

Под россыпями понимают механогенные скопления рыхлого или сцементированного обломочного материала, содержащие ценные аллотигенные (детритовые) минералы и их агрегаты в концентрациях, представляющих интерес для их извлечения. Россыпи формируются в результате разрушения (выветривания) металлоносных коренных пород и руд россыпеобразующих рудных формаций, перемещения, перемыва и переотложения продуктов их разрушения, которые приводят к относительному или абсолютному обогащению осадков устойчивыми полезными минералами. Россыпи накапливаются в ходе осадочного процесса, как во внутриконтинентальных областях, так и в прибрежных зонах морских, реже озерных водоемов.

Россыпи играют важную роль как источники многих видов минерального сырья. В последние годы в мире добывается из россыпей титана – более 70%, циркония – более 95%, золота – около 50% (с учетом метаморфизованных россыпей и вместе с корами выветривания), алмазов – около 90% и т.д.; россыпи являются основным источником получения алмазов, олова, тантала, ниобия, граната, янтаря и т.д.

Россыпные формации выделяются как совокупности (парагенезисы) комплексов россыпей, отвечающих сходной тектонической, геоморфологической и литогенетической обстановке [1]. Формации металлоносных россыпей (и кор выветривания) представляют литогенетическую серию (составные части терригенных осадочных формаций), свойственную структурам сводовых понятий в стадию их пенеппенизации и условиях гипергенеза [2].

Общее количество минералов, способных в силу своих физико-химических свойств накапливаться в россыпях, превышает 50.

Основные промышленно ценные минералы россыпей: золото, алмазы, касситерит, вольфрамит, шеелит, циркон, рутил, ильменит, киноварь, минералы металлов платиновой группы, хромит, редкометалльные (лопарит, колумбит, танталит и др.), редкоземельные (монацит и др.) минералы, магнетит, титаномагнетит, корунд, киноварь, гранаты, янтарь, берилл (аквамарин, изумруд, воробьевит, гелиодор), аметист, горный хрусталь, силлиманит и др. Наиболее продуктивными в образовании россыпей (и кор выветривания) являются эпохи, относящиеся к концу нижнего протерозоя (около 1 млрд. лет), к концу рифея и началу палеозоя (0,6-0,5 млрд. лет) и альпийской орогении (60-0 млн. лет) [3]. Среди современных россыпей выделяют поверхностные, приповерхностные и погребенные под покровом четвертичных осадков.

По отношению к коренным источникам полезных компонентов выделяют россыпи ближнего и дальнего сноса. Первые обычно располагаются не более 15 км от источников питания. Россыпи дальнего сноса (региональные или латеральные) не имеют видимой связи с коренными источниками и формируются в результате неоднократного перемыывания обломочного материала. Сохранность россыпей ближнего сноса в геологические протяженные отрезки времени весьма невелика, особенно при изменении тектонического состояния территории и при перестройках структурного плана. До последнего времени древнейшие известные россыпи ближнего сноса «не опускались» ниже позднего мезозоя. Однако, в определенных условиях, как показывает пример Томторской редкометалльной склоново-озерной россыпи в Якутии, имеющей пермский возраст, в определенных структурно-формационных обстановках возможна сохранность и весьма древних россыпных образований ближнего сноса [1].

Россыпи дальнего сноса, напротив, хорошо сохраняются в составе ископаемых россыпных формаций, среди которых весьма распространены не только раннекайнозойские, но и мезозойские и палеозойские и даже более древние формации. Большинство дофанерозойских метаморфизованных россыпей также относится к этой группе.

Большинство россыпей ювелирных и ювелирно-поделочных камней относится к россыпям ближнего сноса, хотя известна довольно обширная группа россыпей, накапливающихся в обстановках дальнего переноса и многократного переотложения. По составу, соотношению и относительной промышленной ценности тех или иных полезных компонентов, могут быть



выделены следующие разновидности россыпей самоцветов: 1) однокомпонентные россыпи (янтареносные и др.); 2) комплексные россыпи самоцветов (топаз – берилловые, рубин – корунд – сапфировые и др.); 3) россыпи, содержащие самоцветы в качестве попутных компонентов (примеры: агаты, нефрит, жадеит в золотоносных россыпях, в том числе в ископаемых золотоносных конгломератах; хромдиоксид – в россыпях золота и платины, аметист – в редкометальных россыпях и россыпях пьезооптического сырья.

В формациях россыпных месторождений выделяются следующие классы:

1) элювиальный; 2) делювиальный; 3) пролювиальный; 4) аллювиальный, разделяющийся на подклассы – косовой, русловой, долинный, дельтовый и террасовый; 5) латеральный, разделяющийся на прибрежно-озерный, прибрежно-морской и прибрежно-океанический подклассы; 6) гляциальный, разделяющийся на моренный и флювиогляциальный водно-ледниковый подклассы; 7) эоловый или дюнный [4, 5].

Формация магнетитовых и титаномагнетитовых россыпей

Россыпи собственно железистых минералов, в первую очередь титаномагнетита, играют в мировой добыче железных руд резко подчиненную роль и только в некоторых странах, как например, в Новой Зеландии, Японии и др., они являются традиционным источником получения железистых концентратов и стабильно отрабатываются на протяжении многих десятилетий, начиная со второй мировой войны. В России сейчас они не имеют промышленного значения, но заслуживают изучения. Месторождения этой формации, за редким исключением, относятся к группе прибрежно-морских россыпей. Главный их промышленный минерал – титаномагнетит – комплексное сырье на железо и титан; полезную примесь в титаномагнетитах россыпей составляет также ванадий. Титаномагнетитовые концентраты прибрежно-морских россыпей обычно содержат 57-58% оксидов железа, 10-15% диоксида титана, 0,2-0,5% пентаоксида ванадия [1].

Месторождения этой формации располагаются вдоль берегов, сложенных преимущественно основными магматическими породами – эффузивными или интрузивными. В России такие пляжевые россыпи ванадиеносного магнетита (пески) выявлены по берегам некоторых островов Курильского архипелага (в том числе разведанное Ручарское месторождение на о. Итуруп), на морских террасах восточного побережья Камчатки и Приморья, на отдельных участках северного и южного побережья Кольского полуострова [1]. За рубежом месторождения мелкообломочных железных руд этой формации известны в Новой Зеландии (остров Северный), Австралии, Индии, на о. Сахалин, в США, Японии, Канаде [7].

На западном побережье северного острова Новой Зеландии располагается эксплуатируемое относительно крупное прибрежно-морское месторождение ванадийсодержащих титаномагнетитовых песков. Запасы ванадия составляют около 0,5 млн. т. Объем добычи прибрежного песка в настоящее время превышает 10 млн.т/год. Исходный песок имеет крупность: 90% – минус 0,2 мм. Средний химический состав материала следующий, %: 22 Fe; 6,8 CaO; 5,9 MgO; 41 SiO₂; 8,7 Al₂O₃; 4,3 TiO₂; 0,15 V₂O₅; 0,02 Ce; 0,4 Mn; 0,05 P; 0,04 Zn. Среднее содержание магнетита в добываемой руде (песке) составляет 18-20%, но может изменяться в очень широких пределах: от 4 до 60%. Песок транспортируют на обогатительную фабрику, где методом гравитационного и магнитного обогащения производят железорудный концентрат для металлургического производства. Крупность концентрата: 97% - минус 0,15 мм. Его химический состав, %: 57-58 Fe; 1,0 CaO; 3,0 MgO; 3,5 SiO₂; 4,2 Al₂O₃; 8 TiO₂; 0,45 - 0,60 V₂O₅; 0,6 MnO; 0,014 P₂O₅. Концентрат перерабатывают с получением стали и ванадиевого шлака. Шлак далее перерабатывают на чистый пентаоксид ванадия и другие ванадиевые продукты [8].

Богатые месторождения магнетитовых песков имеются в Японии. Они распространены на пляжах, высоких (до 150-300 м) береговых террасах, шельфе на глубинах до 25-30 м. Чаше в россыпях встречается титаномагнетит (магнетит с содержанием титана до нескольких процентов), реже магнетит Fe₃O₄ и ильменит FeTiO₃. Содержание железа в россыпях изменяется от 23 до 60%, а окись титана составляет в среднем 12%. Образование россыпных месторождений здесь связано с разрушением вулканогенных пород (базальтов, андезитов, дацитов), являющихся продуктами кайнозойского вулканизма, а также с деструкцией палеозойских и мезозойских



осадочных толщ, метаморфических комплексов и вулканогенных серий этих же возрастов. Общие запасы магнетитовых россыпей 160 млн. т при содержании железа 18-21%. Крупное подводное россыпное месторождение в заливе Ариаке имеет запасы песков 1,7 млрд. т. Россыпь располагается на глубине до 25-30 м и, по-видимому, связана с погруженной береговой линией. Разведанная площадь 177 км², а главный рудный минерал – титаномагнетит – содержит 56% железа, 12% окиси титана, 0,2% ванадия. Добыча магнетитовых песков этого и других месторождений Японии дает отличное сырье для металлургической промышленности [9].

В России на Ручарском месторождении (о. Итуруп) пляжевый песок содержит 7,5% железа, при обогащении дает руду с его содержанием 48%, двуокиси титана 8,2%, пятиокиси ванадия 0,23% [7]. По данным В.А. Мелкого [10], запасы песков Ручарского месторождения в количественном содержании железа 25617 тыс. т. В песках преобладает титаномагнетит. Получен концентрат с массовой долей железа 58%, TiO₂ – 10,1%, V₂O₅ – 0,48%.

Прогнозные ресурсы в целом Камчатско-Курильской провинции 1-2 млрд. т [7].

Ископаемые магнетитовые россыпи.

Они известны, в частности, в Средней Азии, Армении. Это эоценовые и более древние магнетитовые песчаники, отличающиеся высоким содержанием титана и повышенным – ванадия. Россыпи образуют не только мелкообломочные, но и грубообломочные (конгломератовые и др.) железные руды. Они возникают в результате механического разрушения и переотложения ранее сформировавшихся железных руд. В зависимости от структурных особенностей (величины и формы рудных обломков) среди грубообломочных руд выделяют конгломератовые, брекчиевые, валунчатые, гравелитовые и др. По способу накопления рудных обломков различают фациальные типы месторождений: элювиальные, прибрежно-морские и др. Запасы грубообломочных железных руд в разных месторождениях различны: от весьма малых величин до сотен миллионов тонн.

Из зарубежных классическим примером грубообломочных руд является месторождение Зальциттер в Гарце (Западная Германия). Здесь базальный рудный конгломерат нижнемелового (неокомского) возраста с непостоянной мощностью от 5 до 60 м заполняет неровности древнего эрозионного рельефа триасовых и лейасовых (нижнеюрских) отложений. Рудные обломки, входящие в состав конгломерата, плохо окатаны. Они возникли в результате размыва неокомским (нижний мел) морем нижележащих отложений триаса и лейаса, содержащих рассеянный рудный материал. В результате абразии волнами наступавшего неокомского моря этот материал частично истирался до тонкого ила и даже до коллоидного состояния, что привело к возникновению железистых оолитов и прослоев железистых глин, которые местами входят в состав конгломератового рудного горизонта.

Среди рудных минералов преобладают гидраты окиси железа, но встречаются также железистые хлориты типа шамозита (сложный гидроалюмосиликат железа), а местами и сидерит FeCO₃. Качество руды определяется содержанием главнейших компонентов: 35-40% железа, 17-38% кремнезема, 6-9% глинозема, 4-9% окиси кальция, от 0,3 до 1% фосфора. Разведанные запасы – десятки миллионов тонн.

К ископаемым россыпям относится также группа железорудных месторождений Ангаро-Питского района с крупными запасами, превышающими миллиард тонн (Нижне-Ангарское, Ишимбенское и др.). Этот район расположен в области Енисейского кряжа, в низовьях р. Ангары, на правом берегу р. Енисея (Красноярский край), среди протерозойских пород. Рудный горизонт мощностью 70-150 м принадлежит нижнеангарской свите, которая относится к верхнему протерозою и представлена чередованием рудных гравелитов, конгломератов, песчаников, алевролитов и аргиллитов [11]. Содержание железа в рудах обычно колеблется от 40 до 50% при весьма низком содержании фосфора и серы.

Отличительная особенность железистых (титаномагнетитовых) россыпей заключается в том, что все они связаны с вулканогенно-осадочными комплексами областей андезитового магматизма активных континентальных окраин. Наиболее крупные провинции этих россыпей располагаются по восточному обрамлению и на островах Тихого океана в пределах островных дуг. Источниками россыпей служат почти исключительно вулканические породы и их



пирокласты: базальты, андезиты, дациты и риолиты при преобладании кислых разностей. Питающие породы относятся к известково-щелочному типу. Присутствие рыхлого пирокластического материала определяет возможность быстрого высвобождения титаномагнетита даже при отсутствии химического выветривания, а пространственная сближенность источников с береговыми зонами – его концентрацию почти исключительно в прибрежных осадках [1].

Элювиальные магнетитовые россыпи. Элювиальные обломочные руды представляют собой продукт разрушения местных коренных месторождений железных руд. Чаще всего они слагаются обломками магнетита или гематита, заключенными в продукты выветривания местных же безрудных пород. Запасы таких руд в некоторых случаях исчисляются миллионами тонн. Примером элювиальных обломочных железных руд являются так называемые валунчатые руды гор Благодатки, Высокой, Магнитной (месторождений Гора Благодать, Гора Магнитная, Гора Высокая) и Качканарского месторождения на Урале. Аллювиальные россыпи титаномагнетита известны в бассейне р. Ай в Челябинской области. Здесь по речкам Куваш, Черня, Копань разведаны десятки миллионов кубических метров титаномагнетитильменитсодержащих песков со средним содержанием диоксида титана 13 кг/м^3 или около 1% TiO_2 . Россыпи бедные, пригодные для дражной отработки; учтены Госбалансом как забалансовые [12].

Формация хромитовых россыпей хромшпинелидов

Известны прибрежно-морские и континентальные (склоновые, ложковые, аллювиальные) россыпи хромита. Основными промышленными минералами хрома являются сложные оксиды этого металла, железа, магния, алюминия-хромшпинелиды, образующие изоморфный ряд минералов хромит-магнохромит с переменным содержанием Cr_2O , MgO_3 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 .

Хромшпинелиды довольно устойчивы в гипергенных условиях и обладают признаками россыпеобразующих минералов. Области их распространения четко ограничены районами развития базит-ультрабазитовых пород, где хромшпинелиды часто составляют основную часть шлиха, например, в россыпях платиновых металлов.

Хромитовые россыпи играют весьма малую роль в структуре сырьевой базы хрома. Они заключают всего около 0,1% его мировых запасов. Вместе с тем, в некоторых странах эти россыпи стабильно разрабатывались и продолжают разрабатываться до настоящего времени. Всего в XX веке из россыпей было добыто около 2,6 млн. т. хромитсодержащих песков, что составило в общей сложности 1,3% мировой добычи хрома в пересчете на Cr_2O_3 [1].

Практический интерес имеют, прежде всего, терригенные россыпи шельфовых зон Мирового океана. В частности, на тихоокеанском побережье штата Орегон США известны россыпи хромита с содержанием Cr_2O_3 в металлоносных песках более 3% и запасами в несколько миллионов тонн, а многие перспективные залежи еще не разведаны [9]. Первичным источником хромита служили серпентинизированные ультраосновные породы Берегового хребта и гор Кламат. Питание древних прибрежных зон обломочным материалом происходило как за счет аллювиальных выносов рек, так и продуктов абразии.

Хромитовые с золотом и платиной россыпи известны на Атлантическом побережье США [5]. Хромитовые морские пляжевые россыпи – в Японии, также хромитовые подводные дельтовые россыпи Нила и Нигера.

В России значительные резервы хромитовых прибрежно-морских россыпей приходятся на Тихоокеанское и побережье других морских бассейнов (залив Терпения на о. Сахалин и др.) [1]. Из зарубежных можно отметить также прибрежно-морские россыпи хромитов на побережье Адриатического моря в Албании и Средиземного – в Турции. Чаще всего эти россыпи имеют хромит-магнетитовый состав. Протяженность наиболее крупных из них достигает нескольких километров, ширина, включая подводную часть, колеблется от нескольких десятков до нескольких сотен метров, а содержание хромшпинелидов от первых процентов, например, в россыпях островов Минданао, Суригандель-Норте, Талаван в Филиппинском архипелаге до 50% и более («черные пески» пляжей штата Орегон).



Формация титановых ильменитовых, лейкоксеновых россыпей

Россыпные месторождения титана занимают важнейшее место в структуре его мировых запасов (52,2%) и в производстве титановых концентратов (около 70%). Из тридцати шести эксплуатируемых в мире титановых месторождений только три относятся к коренным. Сегодня во всем мире из россыпных месторождений добывается около 2/3 всего ильменита и практически весь рутил.

Россыпные титановые месторождения группируются в две обособленные формации: 1) собственно титановых россыпей (мономинеральных ильменитовых или лейкоксеновых); 2) комплексных россыпей преимущественно прибрежно-морского генезиса. Абсолютное большинство известных в мире россыпей титановых минералов относится к этой последней, крупнейшей промышленной группе комплексных прибрежно-морских россыпей, содержащих помимо ильменита и рутила, также циркон, редкоземельные минералы – монацит и ксенотим, а также широкий спектр других полезных минералов – ставролит, силлиманит, дистен, гранат и др.

В отличие от комплексных собственно титановые россыпи возникают в более широком диапазоне литогенетических обстановок – от аллювия титаноносных массивов основных пород через флювиальную стадию до прибрежной зоны. Этот перечень не представляет собой единого генетического ряда. Он отражает присутствие в группе собственно титановых мономинеральных россыпей месторождений различного генезиса, образованных за счет разных коренных источников и прошедших разные стадии переотложения, транспортировки и трансформации рудного вещества. Если в мировом масштабе роль собственно титановых россыпей весьма велика, то в СНГ из 48,1% учтенных запасов титана, приходящихся на россыпные месторождения, 4/5 заключены в собственно титановых россыпях: в том числе 28,5% в лейкоксеновых ископаемых прибрежно-морских россыпях, 0,9% – в ильменитовых ископаемых прибрежно-морских россыпях и 4% в ильменитовых делювиально-аллювиальных. Кроме того, около 4,3% титана заключено в элювиальных россыпях ильменитоносных кор выветривания, с которыми делювиально-аллювиальные россыпи связаны парагенетически.

Титановые россыпные месторождения представлены следующими минеральными типами: ильменитовым, лейкоксен-ильменитовым и лейкоксеновым.

Главнейшие титановые россыпи бывшего СССР располагаются на территории России и Украины. Сырьевая база титановых россыпей Украины связана с ильменитоносными россыпями ближнего сноса, сформированными за счет коренных руд и кор выветривания титаноносных габброидных массивов (Иршинский район). В России сосредоточены крупнейшие в мире запасы лейкоксеносодержащих песчаников (Южный Тиман), второстепенное значение имеют ископаемые ильменитовые россыпи юга Сибири (Тулунская, Николаевская, Барзаская в Кемеровской области и др.) и крайне незначительную роль играют ильменитовые россыпи ближнего сноса на Урале, аналогичные Иршинским.

Морские россыпные месторождения титана широко распространены вдоль Тихоокеанского побережья Дальнего Востока. Морские россыпи сосредоточены в пяти рудных районах, входящих в состав Корякско-Камчатско-Курильской рудной провинции: Халактырском, Озерновском, Южно-Курильском, Южно-Сахалинском, Совгаванском [13].

Значительная часть титановых россыпей образована в различной мере лейкоксенизированным ильменитом. В формировании титановых россыпей ближнего сноса первостепенная россыпеобразующая роль принадлежит месторождениям плутоногенного происхождения, в числе которых важнейшее место занимают: (1) на щитах и платформах – оруденение в анортозитовых и габбро-анортозитовых массивах, представленное рудами апатит-ильменитового состава, иногда с примесью титаномагнетита (Иршинская группа россыпей на площади габбро-анортозитов Коростенского плутона в северной части Украинского щита). Здесь производится половина всей добычи титана в СНГ; (2) в складчатых поясах:

а) ильменит-магнетитовое и ильменит-титаномагнетитовое оруденение в массивах габбро-диорит-диабазовой формации (россыпи р. Ай в Кусинско-Копанском районе на Урале), б) в



малой степени – ильменит-титаномагнетитовое оруденение в дифференцированных габбро-норитовых массивах Качканарского типа.

Титаноносные формации вулканогенного и метаморфогенного типа приобретают особое значение в питании собственно титановых прибрежно-морских россыпей. Среди вулканогенных титаноносных формаций наиболее россыпеобразующими свойствами обладают: а) андезитовая вулканогенно-осадочная формация островодужного типа, ильменит-титаномагнетитовая; б) платформенная трапповая формация, ильменитоносная; в частности, трапповая в наложенных мезозойских впадинах южного обрамления Сибирской платформы (Тулунский район в Иркутской области). Среднее содержание ильменита в траппах составляет 15-20 кг/м³, а в коре выветривания по траппам - увеличение до 30 кг/м³ и более. Тулунское месторождение ильменита представлено 20 россыпями. Среднее содержание двуокиси титана составляет 3,5% при извлечении в концентрат 42% и содержании в концентрате 49-52% TiO₂ и окиси хрома менее 0,1%, что удовлетворяет требованиям для производства пигментной двуокиси титана. Источником ильменита для этих россыпей служили недифференцированные долериты ангарского комплекса [14].

Метаморфогенные титаноносные формации, формирующие россыпи, известны в Южном Тимане, а также в Среднем и Северном Тимане (титаномагнетит и лейкоксенсодержащие биотит-хлорит-кварцевые сланцы), на Таймыре и т.д.

Титаноносные россыпи Русской платформы образованы за счет материала кор выветривания. Это в частности следующие россыпи [15]: а) в отложениях девона пестроцветной метаморфизованной песчано-глинистой формации: Средний Тиман – месторождения Ягерское, Волонгское; б) в меловых отложениях сероцветной терригенной формации: Украинский щит – Володарско-Волынский район; в) в меловых отложениях песчано-кварц-глауконитовой с фосфоритами формации: Украинский щит – Володарско-Волынский и Корсунь-Новомиргородский район; г) в отложениях мела мергельно-меловой формации: Украинский щит – Корсунь-Новомиргородский район; д) в отложениях кремнисто-карбонатной формации (K₂-P₁): Украинский щит – Корсунь-Новомиргородский район.

Континентальные россыпи ильменита распространены преимущественно в аллювии, элювии и пролювии четвертичных, палеогеновых и нижнемеловых отложений. Аллювиальные долинные имеют форму лентовидных залежей в долинах рек. Рудные минералы накапливаются в нижних горизонтах в наиболее грубообломочном материале, представленном крупнозернистым песком, гравием или мелким галечником. Содержание ильменита в промышленных континентальных россыпях изменяется от нескольких десятков до нескольких сотен и до 1100 килограммов на кубический метр металлоносных песков – Иршинское месторождение ближнего сноса Володарско-Волынского района на площади Коростеньского плутона севера Украинского кристаллического щита (Житомирская область). Оно образовано при перемыве каолиновых кор выветривания Володарско-Волынского габбро-анортозитового массива площадью 130 км². Россыпи четвертичного возраста обычно залегают в подморенных песках на междуречьях и террасах р. Ирши. Мощность их 1-15 м, содержание ильменита от десятков до 100 - 200 кг/м³ [16].

Примером прибрежно-морской россыпи может служить Ягерское месторождение лейкоксена Ухтинского района Южного Тимана, также Пижемская ильменит-лейкоксеновая Среднего Тимана. Ягерское республики Коми – крупнейшее в мире россыпное месторождение титана. Оно включает почти половину (49,2%) всех балансовых запасов титана России при среднем содержании 10% диоксида титана.

Ягерская ископаемая россыпь (месторождение) является многоярусной, метаморфизованной и залегает на глубинах 30-80 м от современной поверхности непосредственно под промышленной нефтяной залежью. Россыпь имеет девонский возраст, характеризуется чрезвычайно высоким содержанием лейкоксена – до 40% в отдельных горизонтах. Рудоносная залежь пластообразная, имеет протяженность 19 км при ширине 9 км и мощность до 14,5 м. Рудоносные (титаноносные) песчаники среднего-верхнего девона являются коллекторами нефти и сопутствующих пластовых вод. Коренным источником Ягерской россыпи являлись черные ильменитсодержащие сланцы рифея [1, 17]. Месторождение разведано



по категориям А+В+С₁, участки с низким содержанием нефти – по категории С₂. Обогащенный продукт россыпи содержит до 80% TiO₂ и до 0,32% редкоземельных элементов.

Ближайший аналог Ярегского месторождения – нефтеносные россыпи района Атабаска в Канаде, но значительно меньше по масштабу.

Формация редкоземельно-редкометалльно-титановых монацит-ксенотим-циркон-ильменит-рутил-лейкоксовых россыпей

Под комплексными редкоземельно-редкометалльно-титановыми (титано-циркониевыми, циркониево-титановыми) россыпями в отечественной литературе понимаются россыпи, главными полезными компонентами которых являются минералы титана (ильменит, рутил, лейкоксен) и циркон, а попутными – редкоземельные фосфаты (монацит, ксенотим) и различные алюмосиликаты (дистен, силлиманит, ставролит, гранат, эпидот). В некоторых из них встречаются также алмазы, золото, фосфориты. Полезными компонентами этих россыпей могут быть и минералы легкой фракции - кварц, полевые шпаты, глауконит, а также глинистая фракция [1].

За рубежом комплексные редкометалльно-титановые прибрежно-морские россыпи являются практически единственным источником получения рутила, более, чем 95% циркона и важнейшим источником ильменита – более 70% при доле в запасах 55,2%. Из всех эксплуатируемых в мире титановых месторождений только три относятся к коренным, большинство остальных – к рассматриваемой формации. При этом эксплуатируются прибрежно-морские россыпи с содержанием от 50 до 100 кг/м³ (иногда более) ильменита, 5-10 кг/м³ рутила и 3-30 кг/м³ циркона. Кроме того, из этих россыпей могут извлекаться монацитовые, ксенотимовые, силлиманит-дистеновые, ставролитовые, эпидотовые и др. концентраты.

Наиболее богатые рутиловые TiO₂ и лейкоксеновые (продукты гидротермального изменения сфена CaTi[SiO₄]O и ильменита FeTiO₃), а также ильменитовые концентраты добываются из современных прибрежно-океанических россыпей Австралии, Шри-Ланки, Индии, Атлантического побережья США и Бразилии, Китая, ЮАР (побережье Индийского океана) и др. Уникальные по масштабам прибрежно-морские россыпи ильменита, циркона, монацита, рутила, силлиманита, граната протягиваются вдоль берегов Индии более чем на 6 тыс. км и ставят ее по запасам этих минералов на одно из первых мест в мире. Россыпи связаны здесь в основном с пляжевыми фациями береговой зоны и приурочены чаще всего к песчаным отложениям современной аккумулятивной морской террасы, баров и береговых валов [9].

Исключительно крупные и богатые прибрежно-морские россыпи циркона, рутила, ильменита и монацита (Ce,La,...)PO₄, которые иногда содержат золото, платину, касситерит и гранат, распространены вдоль восточного, западного и северного побережий Австралии. Наиболее известные плейстоцен-голоценовые титан-цирконовые россыпи восточного побережья Австралии (Квинсленд – Новый Южный Уэльс) прослеживаются на расстоянии более 1000 км шириной в несколько километров и находятся как над, так и под водой [5]. Содержание циркона в россыпях достигает 500 кг/м³ металлоносных песков.

Самые крупные в Южной Америке россыпи находятся на побережье Бразилии. По минералогическому составу они относятся к ильменит FeTiO₃ – циркон ZrSiO₄ – рутил TiO₂ – монацитовым (Ce,La,Th,U...)PO₄. Общие запасы концентратов оцениваются в несколько миллионов тонн, а запасы монацита – 600 тыс. т [9]. Роль коренного источника тяжелых минералов в береговых песках Бразилии, несомненно, играют гнейсы и связанные с ним пегматиты докембрия. Однако непосредственной областью питания береговой зоны тяжелыми минералами служили и служат до сих пор третичные пески и песчаники, возникшие за счет денудации кристаллического основания. В их базальных слоях содержание тяжелых минералов достигает местами 1%.

Основным способом поступления обломочного материала в море была абразия. Аллювиальное питание не имело большого значения.

Крупные прибрежно-морские россыпи монацита имеются на побережье Шри-Ланки, острова Тайваня и других странах мира. В бывшем СССР для получения титановых



концентратов использовались в основном россыпные месторождения (погребенные прибрежно-морские и континентальные) Украины.

Промышленные титановые россыпи обычно имеют площади десятки квадратных километров при средней мощности рудного пласта до 10 м, содержания рудных минералов десятки килограммов на кубический метр металлоносных песков. В россыпях имеются и другие ценные компоненты, в частности монацит.

В границах бывшего СССР основными промышленными типами месторождений указанных видов минерального сырья служат ископаемые россыпи, формировавшиеся в береговых зонах древних шельфовых бассейнов. Главные провинции этих россыпей располагаются в обрамлении Украинского щита, в пределах мезо-кайнозойских прогибов южной части Русской плиты, Тургайского прогиба и южной части Западно-Сибирской (Обской) плиты – Омская и Томская области [16, 18-22]. Для ликвидации зависимости титановой промышленности России от импорта сырья и для надежного обеспечения ее отечественными титановыми концентратами необходимо вовлечь в освоение более рентабельные и доступные месторождения. Наиболее подготовленными для промышленного освоения являются Туганское (Томская область) и Тарское (Омская область) россыпные месторождения [23]. Примечательно, что в районе г. Томска Туганская наиболее перспективная к освоению [24] циркон-ильменитовая россыпь содержит алмазы. Южнее и юго-западнее ее закартировано обширное поле локальных магнитных аномалий с многочисленными дайками щелочных лампрофиров (мончикитов). В этом же регионе, в южной части Томь-Колыванской дуги встречены ультракалийевые породы. Все это расширяет район поисков алмазоносных лампроитов [25].

Русская платформа – крупнейшая провинция комплексных цирконо-титановых россыпей. Особая роль среди них принадлежит древним россыпям, образовавшимся в прибрежных зонах морей и озер в предшествующие геологические эпохи [26].

Цирконо-титановые россыпи Русской платформы образованы за счет материала кор выветривания и имеют широкое распространение [27]. Рассматриваемые россыпи распространены: а) в песчано-глинистой с углями формации средней юры: Токмовский свод – месторождение Лукояновское в Нижегородской области, наиболее перспективное для освоения [24]; б) в отложениях верхней юры – нижнего мела сероцветной песчано-глинистой с фосфоритами и глауконитом формации: Воронежская антеклиза – месторождение Волчинское; в) в отложениях песчаной кварц-глауконитовой с фосфоритами формации нижнего-среднего мела: Воронежская антеклиза – наиболее перспективное для освоения месторождение Центральное Тамбовской области; г) в отложениях среднего мела мергельно-меловой формации: Воронежская антеклиза – месторождение Кирсановское; д) в отложениях олигоцена-миоцена песчано-глинистой формации (P₃-N₁): Днепровско-Донецкая впадина – месторождение Самоткань и др. Самотканское месторождение является уникальной титано-цирконовой погребенной россыпью прибрежно-морского типа. Горизонт богатых руд сарматского возраста представляет собой пляжевую россыпь. Это месторождение является также важным источником для получения дистен-силлиманитового и ставролитового концентратов, формовочных, строительных и стекольных песков и др. [28]. Детальная характеристика россыпей Русской платформы, условий их образования выполнена С.И. Гурвичем [26], В.И. Смирновым, В.И. Гинзбургом [16] и др.

Одной из крупнейших является Урало-Казахстанская провинция комплексных титано-циркониевых россыпей, обрамляющая выступы складчатого основания Южного Урала, Мугоджар и Казахского мелкосопочника [1, 19]. Характерная особенность этой провинции – преимущественно эоцен-олигоценый палеогеновый возраст основных россыпей и достаточно высокая насыщенность ими территории. Наиболее продуктивно на них северное обрамление Кокчетавской складчатой страны. По своим линейным и площадным параметрам (протяженность более 300 км, ширина от 25-30 до 70 км) и структурной позиции северное обрамление Кокчетавской глыбы может рассматриваться в качестве единой россыпной зоны континентальных и прибрежно-морских россыпей.

Исследования вещественного состава палеозойских пород субстрата, мезозойской коры выветривания и палеогеновых россыпей показали идентичность минеральных ассоциаций



тяжелых фракций. При этом в коре выветривания песчаников нижнего карбона установлены высокие концентрации ильменита и циркона, свидетельствующие о существенной роли песчаников как промежуточного коллектора в формировании россыпей. На отложениях верхнего мела, иногда непосредственно на коре выветривания палеозоя залегает продуктивная туганская свита нижнего олигоцена (?) – верхнего эоцена. Она сложена кварц-каолиновыми песками, локализирующими серию комплексных россыпей. Россыпи сложены устойчивыми к выветриванию минералами, из которых основными породообразующими являются кварц и каолинит. В тяжелой фракции преобладают циркон, ильменит $FeTiO_3$, рутил TiO_2 ; широко распространен лейкоксен [26].

Источники питания россыпей рассматриваемой формации представлены двумя основными группами пород:

1. Первичные источники – разнообразные по составу кристаллические породы, содержащие минералы россыпей в качестве аксессуаров или рассеянной минерализации: а) породы основной серии - источники ильменита и титаномагнетита; б) метаморфические комплексы, эклогиты — источники рутила, дистена, силлиманита, ставролита, а также метаморфических алмазов; в) нормальные и щелочные граниты – преимущественно источники циркона, монацита, ксенотима, граната; г) ультраосновные-щелочные породы – источники алмазов и их спутников, хромита, бадделеита и т.д.

2. Разнообразные терригенные осадочные породы (формации), содержащие россыпеобразующие рудные минералы в рассеянном или концентрированном состоянии, служащие их промежуточными коллекторами [1].

Формация золотоносных россыпей

Это континентальные делювиальные, аллювиальные и пролювиальные россыпи, также эоловые; латеральные подводные и береговые на континентальных шельфах (прибрежно-морские).

Главным по распространению и практическому значению является аллювиальный генетический тип, представленный русловыми, террасовыми и ложковыми морфологическими разновидностями.

Основные районы развития золотоносных россыпей этого типа, к примеру, России: Северо-Восток, Ленский район, Енисейский край, Дальний Восток, Алданский район, Забайкалье, бассейны р.р. Амура, Колымы, Урал [6, 18, 29, 30]; за рубежом – россыпи Амазонки, Параны.

Открыт принципиально новый по механизму образования и концентрации золота генетический тип россыпных месторождений эоловой природы. Установлен очень широкий возрастной диапазон распространения месторождений этого типа – от раннего протерозоя до современного. Россыпи эоловой природы приурочены к определенным палеогеографическим обстановкам – аридным континентальным ландшафтам древних и молодых платформ и современных континентов [31].

Эоловое золото имеет широкое как географическое, так и возрастное распространение. Оно встречается на всех платформах, в отложениях от кайнозоя до протерозоя и образует промышленные концентрации. Изучены россыпные эоловые проявления кайнозойского возраста на Лено-Виллюйском междуречье востока Сибирской платформы, исследованы россыпи Тиманского края, которые образовались при значительном влиянии эоловых процессов. Продолжаются работы по месторождению Витватерсранда, где получены доказательства в пользу эолового происхождения данного месторождения. (Никифорова, 1998).

Эоловая россыпь формируется в результате ветровой денудации, при которой транспортировка выветрелого и дезинтегрированного металла и концентрация осуществляются под воздействием направленных ветров. При этом происходит четкая дифференциация частиц золота и вмещающего материала в зависимости от плотности и размера. Особенностью эолового россыпеобразования является плащеобразное строение продуктивного горизонта, выдержанное по простиранию и осложненное сериями струй. При этом обогащенный горизонт характеризуется удивительно малой мощностью от первых сантиметров до 20-30 см.



Продуктивный горизонт сложен галечно-гравийным материалом с низким содержанием глинистой фракции. Как правило, этот горизонт перекрыт лессовидными отложениями.

Эоловые россыпи могут возникать как за счет непосредственного разрушения коренного источника, так и за счет ранее образованных аллювиальных и прибрежно-морских россыпей.

Одним из примеров образования эоловой россыпи за счет дефляции золотоносных кор выветривания является месторождение Кангаба (Мали, Западная Африка) [32].

Уверенно можно говорить о четырех основных россыпеобразующих золоторудных формациях. Это золото-кварцевая, золото-сульфидно-кварцевая, золото-сульфидная и золото-адуляр-кварцевая, различающиеся размерами выделений золота, формами его нахождения, геотектоническими обстановками локализации золотого оруденения, глубиной формирования и вертикальным размахом оруденения [1]. В определенных литогенетических условиях и другие типы золоторудной минерализации могут поставлять золото в рыхлые осадки.

Оруденение золото-кварцевой формации с крупными выделениями высокопробного золота (до мм и более) является источником подавляющего большинства россыпей, наиболее развито в складчатых областях почти в равной мере в мио- и эвгеосинклинальных зонах, размещается в песчано-сланцевых толщах, реже – в дайках и в интрузивных массивах гранитоидов, базитов и гипербазитов [1]. Россыпи, связанные с источниками этого типа, характеризуются значительным богатством (запасы отдельных россыпей достигают нескольких десятков тонн) при содержании золота от первых граммов до десятков г/м³, крупными размерами – протяженностью от первых десятков до 100-150 км, иногда шириной до 2-3 км, что обусловлено свойствами именно этой формации, в частности обычно высокой насыщенностью области питания рудными телами. Совпадение с ними долин унаследованного развития способствует особо высокой продуктивности россыпей. Крупнейшие россыпи данного типа располагаются в Яно-Колымской, Чукотской и Ленской золотоносных провинциях.

В Алданском районе (Центральный Алдан) широко развиты месторождения золото-сульфидной рудной формации, в которых основная часть золота представлена относительно крупными его выделениями в самородном виде (Лебединое и др.). Именно с этим типом оруденения связывают формирование многочисленных богатых россыпей золота Центрального Алдана [33].

Россыпеобразующими являются также рудные формации, объединяющие комплекс полезных ископаемых, к примеру хромит-золото-платиновая габбро-пироксенит-дунитовой формации [34]. Она не несет промышленных концентраций золота в коренных рудах, однако является продуктивной на промышленные содержания золота в комплексных золото-платиновых россыпях. На Урале в этих россыпях золото часто образует сростки с платиной, хромитом, оливином. Россыпи золота, содержащие сростки его с платиной, связаны с массивами данной формации в Западной Сибири. В Канаде в россыпях, питающихся за счет габбро-пироксенит-дунитового массива горы Оливин, отношение платины к золоту составляет 1:4-1:1; в линзах хромита, заключенных в дунитах горы Оливин, и прожилках серпентин-асбеста содержание платины составляет 0,66-61,3 г/т, а золота – 0,05-3,4 г/т.

Широкое распространение получили погребенные россыпи золота [35]. Так, рэт-лейасовые (триас-юрские) россыпи Урала погребены под морскими отложениями мела или континентальными осадками кайнозоя. В этом же регионе имеют место россыпи: нижне-верхнемеловые, олигоценые, миоценовые, плиоценовые. Меловые россыпи имеются в Забайкалье (Каменские золотоносные аллювиально-пролювиальные конгломераты Балейского золоторудно-россыпного района) [29].

Россыпи четвертичного возраста на Северо-Востоке России и в Сибири часто перекрыты ледниковыми отложениями [18, 29, 30].

На прибрежно-шельфовых зонах золотоносны преимущественно грубозернистые осадки береговых валов и погребенных русел (побережье Канады, Аляски, Австралии, Китая). Содержание золота в россыпях Аляски до 60 г/м³, спорадически до 1000 г/т (месторождение Ном) [9, 16].

Под прибрежно-шельфовой зоной, с позиций оценки перспектив россыпной металлоносности, обычно понимают прибрежные и приморские впадины (равнины), в пределы



которых распространялись кайнозойские трансгрессии, и полоса прибрежного относительно мелководного шельфа.

На территории России с прибрежно-шельфовыми зонами связаны две россыпные золотоносные провинции – Арктическая, простирающаяся от пролива Вилькицкого на западе до Берингова моря на востоке и Дальневосточная, включающая побережья морей Охотского и Японского [1]. Наиболее перспективна Арктическая провинция. Она представляет собой молодую плитную структуру на гетерогенном складчатом основании, обладает наибольшими перспективами. Здесь располагаются такие уникальные и крупные объекты, как гетерогенное Рывеевское россыпное месторождение на Центральной Чукотке, давшее уже около 100 т золота, погребенные континентальные (аллювиальные) россыпи северного фланга Куларского золотоносного района Яно-Омолонского междуречья, давшие более 300 т золота; аллювиальные и флювиогляциальные золотоносные россыпи острова Большевик и другие.

Другой пример древних россыпей. На Южном Урале наибольший интерес представляют древние россыпи или «косые пласты». Такие россыпи прослежены в верховьях р. Суундук в районе поселков Андрианополя, Колчино и Болотовского непрерывно на протяжении 20 км в направлении простирающихся меридиональных палеозойских структур. Южнее в районе Кваркено и дальше к югу по реке Суундук россыпи имеют также широкое распространение. Эти россыпи – отложения древней речной сети, имевшей меридиональное направление, залегают в древних эрозионных депрессиях вдоль контактов известняков с другими породами палеозоя. Интенсивное выщелачивание известняков вызвало просадку аллювия на глубину 50-70 м, и отложения залегают в форме мульд или воронок, часто с крутыми бортами. Общая мощность отложений 50-60 м, россыпи разрабатывались до глубины 20-30 м, изредка 40 м; ширина 100-150 м, редко до 200-300 м. Содержание золота 2-8 г/м³. Древние россыпи известны также в Кумакском и Урус-Кисканском районах [30].

В России, к примеру, эксплуатируются в подавляющем большинстве континентальные россыпи. Сегодня около 80% разведанных и эксплуатируемых россыпей менее 500 кг каждая, но именно такие объекты составляют более половины вовлеченных в эксплуатацию запасов и обеспечивают до 60% россыпного золота. Среднее его содержание в добываемых песках на основном виде работ – открытом – составило в 1996 году 0,79 г/м³, а на подземных работах 2,0 г/м³ [36].

Формация россыпей металлов платиновой группы

Главные россыпные месторождения металлов платиновой группы (МПГ) связаны преимущественно с бессульфидными ультраосновными породами – хромитоносными массивами дунит-клинопироксенит-габбровой и дунит-перидотитовой магматических формаций. Лишь ограниченное количество россыпей образуется за счет перидотит-ортопироксенит-норитовой, оливинит-габбровой и щелочно-ультрамафитовой формаций. Образование наиболее богатых россыпей мезозойского и кайнозойского времени различных генетических и морфологических типов (аллювиальных, элювиальных, делювиальных) связано с разрушением ультраосновных пород, и прежде всего хромитоносных дунитов.

Большинство россыпных месторождений образуется в результате разрушения сравнительно бедных, но значительных по площади и мощности платиноносных массивов. Характерные минералы платинометалльных шлиховых комплексов – хромшпинелиды, оливины, пироксены, титаномагнетиты, которые иногда срastaются с минералами платиновой группы.

Содержание платиноидов в аллювиальных россыпях изменяется от единиц миллиграммов до сотен граммов на кубометр металлоносных песков [16].

Примеры месторождений россыпей металлов платиновой группы: Кондерское (Алданский район), Гулинское Маймеча-Котуйской рудной провинции южнее Хатанги (Сибирь), Ольховское Камчатки, Хабаровский край, Чукотка, Урал [5, 37, 38, 39].

В отличие от сульфидоносных объектов, бессульфидные магматические массивы и формирующиеся за счет их россыпи характеризуются низкими содержаниями палладия и высокими осмия и иридия, ценность и потребность в которых в последние годы существенно увеличилась.



Интрузивные комплексы аляскинского типа (пироксениты, габбро, нориты, горнблендиты, перидотиты, монцодиориты), сопровождаемые сульфидами, также являются источником россыпей платиноидов (металлов платиновой группы). Пример тому интрузивный комплекс Нового Южного Уэльса Австралии. Здесь добыто 650 кг россыпной платины и 325 кг золота. Россыпи образовались при эрозии немногочисленных обнажений основных и ультраосновных интрузивных тел. Наиболее значимые рудные содержания связаны со средне- и крупнокристаллическими мономинеральными пироксенитами (платины 13,19 г/т, палладия – 0,9 г/т, рения – 0,5 г/т на 1,57 м мощности подсечения) [43].

Континентальные россыпи металлов платиновой группы России, сформировавшиеся за счет магматических формаций, представляется возможным сгруппировать следующим образом: существенно платиновые уральские, некоторые россыпи Колумбии, корякские; иридиево-платиновые алданские (Кондер); золото-платино-иридиево-осмиевые гулинские, рутениридосминовые Камчатские, Тасмании, Японии, Новой Каледонии, платино-палладиевые и палладиево-платиновые норильские, золото-родий-платиновые вилюйские, золото-алмазо-платиновые анабаро-оленьские [1, 40, 41, 42].

Пример месторождений погребенных шельфов – богатые россыпи платины на подводном продолжении долин целого ряда рек Аляски, дренирующих ультраосновной массив Ред-Маунтин. При эксплуатации извлечено 186 т металлов платиновой группы только до 1970 года, в том числе (в %): платины 82,37, иридия – 11,25, осмия – 2,15, рутения – 0,17, родия – 1,29, палладия – 0,38. Прибрежные россыпи продолжаются в Берингово море, где перекрыты ледниковыми отложениями мощностью до 60 м [9].

В России особого внимания заслуживают наиболее крупные россыпи металлов платиновой группы (МПП), в особенности осмия – самого дорогого металла МПП – в Маймеча-Котуйской рудной провинции, где они обязаны денудации Гулинского клинопироксенит-дунитового хромитоносного массива. Последний расположен на севере Сибирской платформы в междуречье Маймеча-Котуй (правых притоков Хатанги). В этом массиве хромитоносные россыпеобразующие серпентинированные дуниты занимают площадь 450 км². В Гулинском массиве два различных магматических комплекса: клинопироксенит-дунитовый и маймеча-котуйский ийолит-карбонатитовый. Площадь массива 2000 км². Осмий, иридий, рутений – ведущие элементы платиновой группы дунитов Гулинского массива. Основные россыпеобразующие структуры – долины рек и ручьев, дренирующие ультраосновные породы. Аллювиальные отложения осмиеносны и золотоносны. Продуктивны русловые и террасовые пласты. Минералы платиноидов и золота сосредоточены в песчано-галечниковом глинистом с валунами слое, особенно в его нижней части, достигая наибольших концентраций на границе рыхлых отложений и плотика. К примеру, россыпь р. Ингарингда имеет протяженность 26,4 км, среднюю мощность торфов 7,4 м, среднее содержание элементов платиновой группы [Os-(Ir-Ru)] 383 мг/м³. Прогнозные ресурсы платиноидов в районе Гулинского массива – 13756 кг, золота – 6444 кг [22]. Это уникальный российский источник осмия, соизмеримый с мировыми запасами этого металла.

Крупная долинная аллювиальная эксплуатируемая россыпь платиноидов Кондер Хабаровского края берет начало из одноименного массива щелочных ультрабазитов. Ее длина более 20 км. Среди полезных компонентов преобладают платина и ферроплатина, отмечаются иридосмины, сперрилит и лаурит, а также самородное золото [44, 45].

В Норильском рудном районе коренными источниками формирования россыпей металлов платиновой группы являются интрузии габбро-диабазов с различной степенью дифференциации, а также зоны рассеянной сульфидной минерализации с медью, никелем, кобальтом и платиноидами. Наибольший интерес представляют резко дифференцированные интрузии, с которыми связаны месторождения медно-никелевых руд с платиной. Наиболее благоприятным коренным источником для формирования россыпей платины являются интрузивные и эффузивные породы с рассеянной сульфидной минерализацией с платиной, содержание которой местами достигает нескольких граммов на тонну. Этот тип платиносодержащей минерализации при разрушении больших масс вмещающих пород может иметь большее значение для россыпеобразования, чем сравнительно небольшие тела с высоким содержанием платины.



Древне-среднечетвертичные россыпи платиноидов в аллювиальных отложениях Норильского района перекрыты ледниковыми и водно-ледниковыми образованиями позднечетвертичных оледенений, а в ряде случаев и размывы, что затрудняет их выявление и изучение [46].

Генетический спектр платинометалльных россыпей мира в целом весьма широк – от аллювиальных до ледниковых, прибрежно-морских и эоловых, однако бесспорное место по значимости в этом ряду занимают аллювиальные россыпи в долинах с протяженностью россыпей до десятков километров. В возрастном отношении важнейшее значение принадлежит молодым образованиям позднекайнозойского (чаще четвертичного) возраста, хотя известны и более древние платиноносные толщи, в частности мезозойские на Урале. Вторую по значению возрастную группу россыпей платиновых металлов составляют метаморфизованные раннепротерозойские россыпи (иридосминового типа) Витватерсранда ЮАР.

По соотношению в россыпях шлиховой платины и ее главного спутника – самородного золота выделяются также платиново-металльные россыпи с попутной золотоносностью; комплексные платинометалльно-золотые и золотые с попутной платинометалльной минерализацией [1].

Формация алмазоносных россыпей

Алмаз обладает весьма высокой гипергенной устойчивостью при относительно малой плотности (3,4-3,6 г/см³). Он в 150 раз тверже корунда, не растворяется в кислотах и щелочах, почти не выветривается и слабо изнашивается механически, но раскалывается при ударах и не смачивается водой. Это способствует его концентрации в весьма широком диапазоне литогенетических обстановок, обуславливает его сохранность при многократном переотложении и присутствие в древних ископаемых формациях.

В мировом производстве алмазов на долю россыпей в среднем приходится около 20% их общей добычи. Алмазы россыпей имеют высокое качество, преобладают (60-95%) ювелирные камни. Около 1/3 общей добычи ювелирных камней приходится на россыпи. Цена одного карата (0,2 г) алмазов в них достигает 200-400 долларов. Это обеспечивает весьма значительную долю валютных поступлений.

Объем мировой добычи алмазов (без России) после многих лет стабильности (на уровне 30-40 млн карат в год) вырос более чем вдвое и к 1990 г составил 90 млн. карат за счет дополнительного поступления алмазов из Анголы, Ботсваны, Намибии, новых алмазоносных районов Австралии и Китая [1]. Россия занимает одно из ведущих мест в мире по разведанным запасам алмазов и их добыче.

В природе имеют место континентальные делювиальные, пролювиальные, аллювиальные и прибрежно-морские россыпи алмазов. Последние – подводные, береговые или пляжевые, террасовые, дельтовые.

Среди континентальных россыпей различаются россыпи ближнего и дальнего сноса. Последние могут быть удалены от первоисточников на 40-100 км и более.

Россыпи ближнего сноса тесно ассоциируют с коренными первоисточниками и характеризуются алмазами, близкими им по крупности, морфологии, качеству, сортности. Эти россыпные месторождения формируются только вблизи высокоалмазных коренных месторождений и при отсутствии дополнительных питающих источников имеют небольшую протяженность, до нескольких километров. Алмазоносность и размеры промышленной россыпи ближнего сноса в значительной мере зависят от алмазоносности и размеров питающего коренного первоисточника.

Россыпи дальнего сноса и переотложения не имеют видимой пространственной связи с коренными месторождениями и формируются на удалении от участков установленного или предполагаемого развития таковых иногда до многих сотен километров. Таким россыпям свойственны хорошая сортировка алмазов по крупности, отсутствие первично дефектных кристаллов, сравнительно высокие качества и крупность алмазов, присутствие окатанных алмазов, значительный выход ювелирных камней; отсутствие или незначительное содержание парагенетических минералов-спутников (обычно только пиропы), мелкие их размеры, плохая сохранность и явная окатанность зерен.



Россыпи представлены преимущественно грубообломочными алмазоносными разностями пород – галечниками, гравелитами, конгломератами, приуроченными к базальным горизонтам разновозрастных терригенных толщ.

Различаются следующие две группы источников питания алмазных россыпей:

1. Коренные первоисточники россыпей алмазов, которыми являются распространенные на древних платформах: а) щелочно-ультраосновные алмазоносные породы (кимберлиты, лампроиты), образующие трубчатые тела, дайки и серии жил; б) алмазоносные метаморфогенные породы («импактиты» кольцевых астроблем и контактово-метасоматические породы зон древних кристаллических массивов).

2. Вторичные, промежуточные источники (коллекторы) – различные по возрасту (от докембрийских до кайнозойских) алмазоносные терригенные формации, подвергшиеся выветриванию и площадному размыву с переотложением алмазов в более молодые рыхлые образования. Роль вторичных источников в питании алмазных россыпей соизмерима, а во многих районах превышает роль коренных первоисточников (исключение – карстовые россыпи Бакванги). Источники многих богатейших россыпей алмазов (в частности, Уральских россыпей, россыпи Эбелях в Анабарском районе) так и остаются до конца не установленными из-за многократного переотложения алмазов в промежуточных источниках [1].

Алмазные россыпи особенно широко распространены в Якутской, Южно-Африканской алмазоносных провинциях, Бразилии, Венесуэле в древних платформенных областях [5].

В Южной Африке известны молодые русловые россыпи и более древние – долинные; наиболее богатые россыпи Лехтенбургского округа связаны с галечниковыми образованиями, представленными халцедоном, агатом, корундом, кварцем, гетитом и турмалином.

Аллювиальные россыпи алмазов в долинах высокого порядка – главная по распространенности группа алмазоносных россыпей во всем мире. В России это основной промышленный тип месторождений алмазов [1]. По положению в долине среди них принято различать русловые, долинные, террасовые, водораздельные россыпи, но для всех них основным признаком является приуроченность концентраций алмазов исключительно к грубозернистым фациям аллювия – галечникам и гравелитам и резкое снижение алмазоносности в песчаных осадках. Все сколько-нибудь значительные по протяженности и масштабам аллювиальные россыпи имеют смешанный источник питания или образовались только за счет размыва промежуточных коллекторов.

В Якутии алмазоносные россыпи представлены самым широким спектром генетических и морфологических типов месторождений с глубиной залегания до 40-60 м, мощностью перекрывающих отложений от 0 до 25-38-58 м и мощностью пласта от 0,5 до 2-6 м, реже более. Их промышленная обработка ведется с 50-х годов прошлого столетия открытым способом при глубине залегания до 40 м. В Мирненском районе преобладают россыпи пространственно и генетически связанные с кимберлитовыми трубками Мир, Интернациональная, Асхад, Удачная и более древними коллекторами, также тяготеющими к известным кимберлитовым полям; в Анабарском районе, где находится уникальная по запасам россыпь Эбелях, коренные источники пока не установлены, но отчетливо прослеживается связь россыпей с древними промежуточными коллекторами.

В Якутской алмазоносной провинции аллювиальные россыпи имеют широкое распространение в бассейне р. Вилюй и ее притоков. Среди них выделяются четвертичные долинные и террасовые. Минералогический состав тяжелой фракции сибирских россыпей следующий: пироксен, ильменит $FeTiO_3$, магнетит Fe_3O_4 , гранат, циркон, лимонит. Парагенетическими спутниками алмазов являются: пироп $Mg_3Al_2[SiO_4]$, магнезиальный ильменит, хромдиопсид $CaMg[Si_2O_6]$ с содержанием Cr_2O_3 до нескольких процентов и перовскит. Долинные россыпи богаче террасовых. Наиболее богатые расположены вблизи коренных месторождений, связанных с трубками кимберлитовых пород [47, 48].

Наиболее протяженные современные аллювиальные россыпи алмазов формируются в долинах древнего заложения, отличающихся значительной шириной и присутствием реликтов неогеновых россыпей. Повышенная концентрация алмазов происходит на участках омоложенных речных долин V-образной и каньонообразной формы с преобладанием глубинной



эрозии над боковой, пониженная – на участках зрелых долин с сильно меандрирующим руслом и преобладающей аккумуляцией аллювия [1].

Ископаемые россыпи представлены грубозернистыми песчаниками, гравелитами и конгломератами различного геологического возраста – от докембрия до мезозоя (верхнего мела) включительно, в частности докембрийские конгломераты Витватерсранда в Южной Африке. В России ископаемые среднедевонские алмазные россыпи установлены на Урале, раннеюрские – в Якутии. Как уральские, так и якутские древние россыпи представлены преимущественно несцементированным материалом. Они разрабатываются с содержанием алмазов преимущественно не ниже 0,5-20 карат в 1 м³ песков с глубиной залегания от 1 до 15-30 м.

Богатые древние россыпи алмазов открыты в основании верхнепалеозойских отложений чехла Сибирской платформы (Западная Якутия), полиминеральные россыпи с высокосортными алмазами, золотом и ниобийсодержащими минералами – в основании девонских толщ платформенного чехла Тимана.

Условия залегания и сохранность ископаемых россыпей алмазов (палеозойских, мезозойских) – важнейший фактор в оценке их собственного потенциала и (или) в качестве промежуточного источника для молодых россыпей. Пример Сибирской платформы показывает, что наиболее перспективны для их обнаружения древние поверхности выравнивания с реликтами остаточных и перетолженных кор химического выветривания коренных и более древних промежуточных источников. В пределах отпрепарированных древних поверхностей выравнивания эти россыпи контролируются структурно-эрозионными и эрозионно-карстовыми формами палеорельефа [1].

Количество и промышленная значимость россыпных месторождений алмазов в целом нарастает от древних палеозойских, мезо-кайнозойских к молодым четвертичным и современным. Это обусловлено увеличением роли разновозрастных первоисточников, но главным образом включением в сферу россыпеобразования большого числа вторичных промежуточных коллекторов алмазов. Кроме того, большинство древних россыпей либо глубоко погребены и в силу этого нерентабельны для разработки, либо сильно затронуты или уничтожены последующей эрозией. Значимость древних россыпей снижается также из-за их литификации, необходимости дробления плотных алмазосодержащих пород, при котором существенно дробятся и свойственные россыпям крупные ювелирные алмазы. Поэтому среди древних россыпных месторождений разрабатываются преимущественно наиболее богатые участки или участки, подвергшиеся глубокому химическому выветриванию.

Прибрежно-морские россыпи алмазов. Они характерны шельфовым зонам мирового океана и являются россыпями дальнего сноса. Это, в частности, россыпи шельфа Юго-Западной Африки [9]. Запасы алмазов многие сотни миллионов карат с содержанием нередко 50-100 карат на 1 м³ породы (шельфовая зона ЮАР, Анголы, Ганы, Сьерра-Леоне, Гвинеи, Либерии).

В Юго-Западной Африке известны пляжевые россыпи алмаза, располагающиеся вблизи устьев рек и приуроченные к валунно-галечным отложениям. Алмазоносные галечники протягиваются вдоль берега на 1-2- км при ширине до 100 м и обычно перекрыты песчаными наносами.

Нижнеюрские прибрежно-морские и дельтовые россыпи известны в Молодо-Сюнгюдинском районе Приленской алмазоносной области Якутии.

По выходу ювелирных камней прибрежно-морские россыпи стоят на первом месте (90-95%), на втором – аллювиальные (от 20-70 до 90%) [1].

Формация россыпей драгоценных и поделочных камней (самоцветов)

Это ограночные камни – алмаз (выделен в самостоятельную формацию), рубин, сапфир, благородный корунд, турмалин, топаз, морион, берилл, гранаты, циркон, благородная шпинель, хризолит, демантоид и другие поделочные камни – янтарь, нефрит, жадеит, агаты, горный хрусталь, рисунчатые кремни, окаменелое дерево и др.

Из россыпей различного генетического типа сейчас добывается большая часть алмазов (Африка, Индия, Россия и др.), практически весь рубин, сапфир, циркон, благородная шпинель (Таиланд, Австралия, Шри-Ланка и др.) и янтарь (бывший СССР). Россыпи играют значительную



роль в добыче топаза, берилла, горного хрусталя (Бразилия, Мадагаскар), агата (Бразилия, Уругвай, Индия), нефрита (Канада, СССР) и ряда других камней [4].

Все виды самоцветов объединяет высокая устойчивость в процессах выветривания и механического переноса.

Более чем 15 их видов, не считая алмаза, накапливаются в россыпях, образуя промышленные месторождения разного масштаба. К примеру, для янтаря россыпи – это единственный промышленный тип месторождений, заключающий 100% его запасов (группа прибрежно-морских россыпей побережья Балтийского моря России, Германии, Польши, Литвы и Латвии). Для других россыпи играют или продолжают играть ведущую или существенную роль в запасах и добыче сырья (рубин, корунд, сапфир, нефрит, жадеит, демантоид – драгоценный андрадит и пр.). В иных случаях россыпи служат объектом кустарной или попутной разработки (изумруд) [1].

Диапазон природных обстановок, в которых формируются россыпи самоцветов, чрезвычайно широк. С литогенетических позиций глубокое химическое выветривание коренных источников, обеспечивающее высвобождение полезных минералов и их подготовку к переотложению, в общем случае является важным, а в ряде случаев и непременным условием для образования россыпей особо устойчивых видов самоцветов, таких, как рубин, корунд, берилл и др. Именно в условиях латеритного тропического выветривания по магнезиально-известковым скарнам и тремолит-актинолитовым породам, развивающимся на контакте пегматитов с доломитами, по слюдяным грейzenам, ультраосновным породам и щелочным базальтам формируются остаточные элювиальные, склоновые и аллювиальные россыпи благородного корунда, рубина и сапфира – главнейший промышленный тип месторождений этих камней (слои «бион» в Могокском районе Бирмы, «ил-лам» – в районе Рантапура на Шри-Ланке и др.), элювиальные и элювиально-склоновые россыпи топаза и берилла на пегматитах Мадагаскара и Бразилии и др. Ископаемые коры выветривания латеритного или каолинового профиля играли важнейшую роль в мобилизации самоцветного сырья в россыпях умеренных широт. Пример тому ныне отработанные россыпи топаза Волыни (Украина), связанные с мезозойской корой выветривания. Все россыпи горного хрусталя и аметистов Южного Урала в той или иной мере связаны с формацией ископаемых кор выветривания и с продуктами их переотложения в миоценовые и более молодые лога.

Вместе с тем следует учесть, что глубокое химическое выветривание противопоказано для экзогенной концентрации минералов невысокой гипергенной устойчивости, таких как оливин, некоторые виды гранатов (например, для демантоида) и др. Напротив, преимущественно механическое, но достаточно глубокое нарушение связности материнских пород при незначительной степени химических преобразований, свойственное криогенному выветриванию, обеспечивает возможность концентрации таких относительно неустойчивых минералов в россыпях в промышленных количествах. Примером тому служит склоново-аллювиальная россыпь ювелирного хризолита Кугдинского месторождения на правом берегу р. Котуй Маймеча-Котуйской магматической провинции севера Сибирской платформы, гранатовые россыпи в областях недавнего покровного оледенения (Кольский полуостров) [49].

Россыпи демантоида (прозрачная зеленая разность граната андрадита) сопровождают его коренные месторождения, пространственно связанные с ультраосновными породами (Урал, Закавказье, Камчатка). Демантоид – минерал хрупкий и не выдерживает длительной транспортировки, поэтому его россыпи расположены, как правило, в верховьях долин мелких водотоков, примыкающих к коренному источнику, в условиях физического выветривания. На Полдневском и Бобровском месторождениях Среднего Урала демантоид находится в плохо сортированных четвертичных песках с глинистым материалом выше надплотикового горизонта [50].

В определенной обстановке, в областях криогенного литогенеза могут формироваться россыпные скопления даже такого мало устойчивого минерала, как эвдиалит, дающие иногда ценные коллекционные образцы (главным образом элювиально-склоновые «валунные» россыпи).



Можно выделить также целый класс минералов-самоцветов, образующих россыпные скопления в самых разных литогенетических обстановках. Это минералы, практически не утрачивающие своих товарных качеств при многократном переотложении и дальнем переносе. Сюда относятся агаты, рисунчатые кремни, окаменелое дерево, обсидиан, которые не только выдерживают многократное переотложение, но и приобретают некоторые новые свойства в результате длительного пребывания в водно-аллювиальной среде (например, окрашивание агатов).

Агат.

Агатом принято называть полупрозрачный халцедон с четкой полосчатой текстурой, хорошо различимой простым глазом. Вместе с агатом следует рассматривать и другие текстурные разновидности полупрозрачного халцедона – одноцветные однородные или пятнистые, тем более что при увеличении они обнаруживают слоистое строение. Все они прекрасно полируются, нередко обладают своеобразным красивым рисунком, приятным цветом в мягких тонах и являются весьма популярным ювелирно-поделочным и коллекционным материалом. Четко полосчатые агаты сложены чередующимися слоями халцедона различной прозрачности и окраски.

Основные объекты добычи ювелирно-поделочного и технического агата (халцедона) – экзогенные месторождения, которые широко развиты на территории России и стран СНГ. Они приурочены к районам распространения эффузивных образований складчатых областей: Иджеванское, Тедзамское и другие в Закавказье, Магнитогорское на Урале, Бурундин и Тулдунское в Сибири, на Дальнем Востоке, в Казахстане, Средней Азии, Забайкалье, Амурской области в бассейнах рек Зеи и Буреи [29, 50, 51]. Аллювиальные современные месторождения образуются в результате разрушения минерализованных агатом эффузивов (базальтов, андезитов, их туфов, лавобрекчий и др.) и развитых по ним кор выветривания (русловые отложения р. Тулдун – Тулдунское месторождение Бурятии), при размыве и переотложении материала рыхлых агатоносных песчано- и валунно-галечных отложений, выполняющих обширные мезокайнозойские депрессии (Дальний Восток), а также за счет размыва эоценовых и миоценовых конгломератов, содержащих гальку агатов (Командорские острова). Современные россыпи обычно связаны с русловым и пойменным аллювием, а древнечетвертичные – с террасовым аллювием, но имеют незначительные мощности. Агатоносные галечники разрабатываются в штате Гуджарат в Индии, в Риу-Гранди-ду-Сул в Бразилии, в штате Монтана в США и в других местах. Интересно, что в россыпях агат нередко окрашивается в желтые, коричневые и красные тона, свойственные сардере и сердолику [4, 51].

Нефрит (разновидность минералов тремолита и антинолита – гидроалюмосиликатов кальция и магния).

Он образует скрытокристаллические, плотные, необычайно вязкие массы светлой окраски с различными зелеными оттенками и иногда с мерцающим блеском. Генетическая связь его с горными породами в их коренном залегании в скальных обнажениях рассмотрена в предыдущих главах. Россыпи ювелирно-поделочного нефрита могут быть значительно удалены от коренных источников (Восточные Саяны, Прибайкалье и Северное Забайкалье, КНР, Аляски, Новой Зеландии и др.). Он образует элювиальные, делювиальные, аллювиальные, морские пляжевые россыпи, к примеру, Оспинское, Бартопольское, Уланходинское россыпные месторождения Восточных Саян [50, 51].

Россыпи – важнейший источник высококачественного ювелирно-поделочного и поделочного нефрита.

Жадеит (минерал, представляющий собой алюмосиликат натрия).

Образует непрерывный изоморфный ряд с диопсидом и эгирином. Цвет ювелирно-поделочного жадеита яблочно-зеленый, зеленовато-голубой и белый в плотных зернистых агрегатах. В коренном залегании встречается в метаморфических щелочных породах, а также в контактово-метасоматических образованиях (Альпы, Памир, Средняя Азия, Казахстан, Урал и



другие регионы). Жадеит в элювиально-делювиальных отложениях широко распространен на известных коренных месторождениях: Лево-Капчельском на Урале и Итмурундинском в Казахстане.

В центральной и южной частях жадеитоносного района Северной Бирмы широко распространена мощная толща древнечетвертичных конгломератов, состоящих из округлых обломков сланцев, серпентинитов, габброидных и других пород, сцементированных песчано-глинистым или известковым цементом. Они слагают высокие террасы р. Уру и покрывают горное плато. Выходы конгломератов прослеживаются на несколько десятков километров при ширине 3-6,5 км, мощность толщи превышает 300 м. Местами в ней присутствуют горизонты, обогащенные валунами и гальками жадеитов. В этом районе находится знаменитое месторождение Хвека в узкой горной долине, склоны которой сложены смятыми в складки песчаниками и конгломератами. Вверху располагаются серые песчаники, а под ними серо-синие песчаники с пропластками бурого угля. Еще ниже залегает пласт конгломератовидных песчаников, состоящий из обломков и зерен кварца, плагиоклаза, серпентина с примесью зерен глауконита, циркона и магнетита. Эти песчаники лежат непосредственно на пачке жадеитоносных конгломератов мощностью 15 м и более. Конгломерат преимущественно крупновалунный (до 1 м³), с песчано-глинистым цементом серо-зеленого цвета. Валун и галька конгломерата представлены кварцитами, мусковитовыми сланцами, амфиболитами, пироксенитами, антигоритовым серпентинитом с вкрапленностью хромита и магнетита и другими породами. В конгломерате встречаются гальки и валуны высококачественного жадеита, в том числе с участками прозрачного изумрудно-зеленого империала. Попадались валуны бездефектного драгоценного жадеита массой 7 кг и более [51].

Наибольшую известность получили речные русловые аллювиальные месторождения жадеита Северной Бирмы (в том числе, крупнейшее Мамон) в 10 км южнее коренных жадеитов Таумау. Валун жадеита добываются прямо из русла реки.

Топаз, берилл образуют элювиальные, делювиальные, аллювиальные россыпи.

Благородный корунд.

Главным промышленным типом месторождений благородного корунда являются элювиально-делювиальные и аллювиальные (террасовые и долинные) россыпи, широко представленные в Бирме, Австралии (штаты Квинсленд и Новый Южный Уэльс), Индии (штаты Кашмир и Джамму), Шри-Ланке, Таиланде, Кампучии и др. Коренные источники этих россыпей генетически разнообразны, представляя гнездовую и акцессорную рассеянную вкрапленность кристаллов сапфира или рубина в базальтах (Австралия, Кампучия, Таиланд), щелочных лампрофирах (месторождение Його-Галг в штате Монтана, США), силикатных флогопит-скаполит-плагиоклазовых скарнах (Шри-Ланка, Бирма), слюдитовых грейзенах (месторождение Умба в Танзании и др.), сиенитовых и миаскитовых пегматитах (бывший СССР, Канада, Шри-Ланка, Бирма), кристаллических сланцах и гнейсах гранулитовой и амфиболитовой фаций метаморфизма [52].

Большинство россыпей ювелирных и ювелирно-поделочных камней относится к россыпям ближнего сноса, хотя известна довольно обширная группа россыпей, накапливающихся в обстановках дальнего переноса и многократного переотложения.

По составу, соотношению относительной промышленной ценности тех или иных полезных компонентов, могут быть выделены следующие разновидности россыпей самоцветов: 1) однокомпонентные россыпи (янтареносные и др.); 2) комплексные россыпи самоцветов (топаз-берилловые, рубин-корунд-сапфировые и др.); 3) россыпи, содержащие самоцветы в качестве попутных компонентов (примеры: агаты, нефрит, жадеит в золотоносных россыпях, в том числе в ископаемых золотоносных конгломератах; хромдиоксид – в россыпях золота и платины, аметист – в редкоземельных россыпях и россыпях пьезооптического сырья.

Примером широкого распространения формации россыпей драгоценных и поделочных камней является территория бывшего СССР. Здесь выделяются следующие важнейшие ее провинции, субпровинции и районы.



В пределах щитов:

1. Провинция Украинского щита, полиминеральная, с развитием элювиально-склоновых россыпей топаза, берилла и горного хрусталя (Волынский район).

2. Карело-Кольская полиминеральная субпровинция в пределах Балтийского щита с россыпями граната – альмандина, потенциальная также в отношении россыпей корунда, циркона, кианита.

В пределах древних платформ:

3. Провинция Восточно-Европейской платформы, полиминеральная, с субпровинциями: а) Балтийско-Днепровской янтареносной; б) Центрально-Русской (Московской) рисунчатых камней, потенциально золото-алмазоносной; в) Тиманской агатоносной.

4. Провинция Сибирской платформы, полиминеральная, с россыпями оливина-хризолита в связи с ультраосновными щелочными массивами, в том числе в составе алмазоносных россыпей (вместе с пиропом), а также россыпями окаменелого дерева.

В пределах складчатых областей и областей тектономагматической активизации (ТМА):

5. Уральская полиминеральная провинция с россыпями ограночного корунда и рубина в связи с магнезиальными и силикатными скарнами (Восточно-Уральская субпровинция), демантоида (Центрально-Уральская провинция) и жадеита, агатов и аметистов (Полярно-Уральская, включая Пай-Хой).

6. Южно-Сибирская (Алтае-Саянская) провинция с Восточно-Саянским и Прибайкальским районами жадеит-нефритовых россыпей.

7. Индигиро-Колымская полиминеральная провинция, с россыпями нефрита и гидрогроссуляра (Догдинский район в хр. Ческого), агатов (Алазейский район), мамонтовой кости (Приморская, включая арктические острова).

8. Чукотско-Камчатская полиминеральная провинция, с россыпями агатов (Чаунский, Рывеевский, Ольский районы), окаменелого дерева, демантоида (Камчатка, Курильские острова).

9. Забайкальско-Дальневосточная полиминеральная, с россыпями агатов (Тулунский, Еравнинский, Зейский и другие районы), сапфира (Сихотэ-Алинь), нефрита, лазурита (Восточное Прибайкалье [29]).

10. Среднеазиатская, полиминеральная, с Восточно-Памирской субпровинцией россыпей рубина, граната-альмандина, турмалина, скаполита [1].

Формация россыпей горнотехнического (пьезооптического) сырья – горного хрусталя

Горный хрусталь образует остаточные (элювиальные), колювиальные и слабо перемещенные (склоновые, ложковые), аллювиальные россыпи. Наиболее промышленные – ложковые и элювиально-склоновые.

Природный кристаллический кварц представлен бесцветными водяно-прозрачными (собственно горный хрусталь) и окрашенными (дымчатый кварц, морион, цитрин, аметист, розовый кварц) разновидностями. Аметист и цитрин относятся к ювелирным (драгоценным), остальные – к ювелирно-поделочным камням и коллекционному материалу. Все они, кроме аметиста, розового кварца и цитрина, представляют также ценное пьезооптическое и техническое (изготовление специальных стекол и т.д.) сырье, в котором определенную роль играет горный хрусталь.

Рассматриваемое кристаллосырье россыпей используется не только как собственно пьезосырье, но также, причем в подавляющем по массе объемах, в качестве оптического и технического сырья, ювелирно-поделочного и коллекционного камня.

Месторождения и проявления горного хрусталя известны на всех континентах земного шара и на отдельных островах (Мадагаскар, Тасмания) как в пределах древних консолидированных структур, так и в фанерозойских складчатых областях, однако в целом они представляют собой редкие и не крупные объекты. Исключением выступает Бразилия с крупнейшими в мире уникальными россыпями, являющаяся главным поставщиком горного хрусталя на мировом рынке.



Основными коренными источниками россыпного горного хрусталя служат кварцевые безрудные хрусталеносные жилы и камерные внутригранитные альбит-микроклиновые пегматиты. Подчиненное значение имеют занорышевые пегматиты в экзоконтактах гранитных интрузий и рудоносные кварцевые жилы, за счет размыва которых формируются россыпи золота, касситерита, содержащие горный хрусталь как попутный компонент. В странах СНГ россыпи горного хрусталя известны на Украине (Волынь) и в России (в основном на Южном Урале). Как те, так и другие практически отработаны [1].

Согласно требованиям промышленности, кондиционные обломки пьезокварца без естественных граней должны иметь минимальные размеры не менее 25 мм в поперечнике и массу не менее 60 г.

Присутствие коры химического выветривания как необходимого фактора, обеспечивающего формирование россыпей горного хрусталя (пьезокварца), определяет связь всех известных россыпных месторождений Волыни и Урала исключительно с древними формациями.

Формация оловянных касситеритовых россыпей

Широко распространены аллювиальные долинные россыпи современной гидросети, прибрежные морские. Это россыпи преимущественно ближнего сноса. Они тяготеют непосредственно к источникам питания, которые чаще связаны с кислыми гранитоидами гранитовой, гранит-лейкогранитовой формаций.

В конце 60-х годов на Северо-Востоке Якутии, в Полуосном районе (Яно-Индибирской приморской низменности) были выявлены, а в середине 70-х годов описаны как новый промышленный тип россыпных месторождений олова – россыпи зон тектонических уступов - крупные, обычно полигенные образования значительного возрастного диапазона с мощными пластами, достигающими несколько десятков метров. Продвижение фронта геологоразведочных работ в пределы впадин, приморских равнин и шельфа привело к выявлению весьма широкого спектра оловянных россыпей, связанных с погребенным выровненным рельефом ложа впадин (Силирская группа россыпей в Якутии, Омрелькайский и Нэттэевский узлы на Чукотке, некоторые россыпи Северо-Ляховского района и Беллингского узла и др.). В большинстве случаев эти россыпи залегают на сравнительно небольших глубинах в зрелых палеодолинах планационного цикла развития и относятся к формации погребенного пенеплена. Часть россыпей этой ископаемой формации связана также с погребенными грабен-палеодолинами (россыпи Малая Кута и Этерикан в Северо-Ляховском районе, Черной - на Чукотке), другая – с погребенными береговыми линиями и абразионными платформами (известны в пределах Чокурдахского, Биллингского, Валькумейского узлов, Северо-Ляховского района). Часто россыпи перечисленных типов сочетаются в пределах одного месторождения или единого россыпного поля, формируя сложные многопластовые и обычно весьма богатые залежи. Особенно многообразно их сочетание в пределах шельфовых равнин Восточной Арктики, где значительная часть россыпей находится не только в погребенном, но и в затопленном состоянии.

Многие оловянные, оловянно-вольфрамовые, олово-редкометальные россыпи формируются за счет коренных источников, благоприятных для сопутствующей танталовой минерализации, в связи с чем носят комплексный характер.

Основными источниками питания указанных россыпей являются три рудных формации: касситерит (вольфрамит)-кварцевая, касситерит-силикатная, в меньшей степени касситерит-пегматитовая. Оруденение касситерит (вольфрамит)-кварцевой формации является ведущим источником формирования оловянных россыпей (коренные источники россыпей – касситеритсодержащие граниты, в меньшей мере – касситерит-кварцевые жилы). Россыпи нередко комплексные (касситерит, вольфрамит, реже тантало-ниобаты, золото). Коренные месторождения касситерит-силикатной формации (касситерит-турмалиновый, касситерит-хлоритовый минеральные типы) существенно оловянные и формируемые за счет их россыпи содержат в качестве полезных компонентов лишь касситерит.



В России в конце 80-х годов, после открытия уникального Тирехтяхского россыпного месторождения в Якутии, образованного за счет руд касситерит-силикатной формации, и с продвижением фронта геологоразведочных работ в шельфовые области Восточной Арктики, где касситерит-силикатная формация является доминирующей, она как источник промышленной россыпной оловоносности вышла на первое место. Эта территория, являющаяся составной частью Тихоокеанского рудного пояса, характеризуется широким развитием оловянной минерализации. Основное оруденение тяготеет к складчатым структурам мезозой и Охотско-Чукотскому вулканическому поясу. Оловоносность установлена также в пределах Коряжской зоны.

Наиболее интересные современные (позднечетвертичные) оловянные россыпи на Северо-Востоке сосредоточены в районах развития минерализованных зон и штокверков (к примеру Пыркакайская группа оловорудных штокверков касситерит-кварцевой формации в триасовых песчано-сланцевых породах на Чукотке). Благоприятный режим развития рельефа, оптимальный во многих случаях уровень денудационного среза обусловили широкое распространение здесь оловоносных россыпей различных генетических и морфологических типов (долинных, прибрежно-морских...). Наряду с традиционными россыпями в долинах с нормальной мощностью рыхлых отложений выявлена многочисленная группа погребенных россыпей (Северо-Восточная Якутия, Центральная и Восточная Чукотка), связанных с древним рельефом (погребенной и приподнятой гидросетью) и характеризующихся широким возрастным диапазоном – от палеогеновых до верхнеплейстоценовых четвертичной системы.

Во многих оловоносных районах Северо-Востока, где обнаружены погребенные россыпи, установлены реликты разновозрастных кор химического выветривания: на южном фланге хребта Черского, Верхне-Колымском нагорье, Северном Верхоянье, Яно-Индибирской (Приморской) низменности, побережье Ванькиной Губы, северном подножии хребта Кулар, Западной, Центральной и Восточной Чукотке и др. В корах выветривания ряда районов установлены повышенные содержания касситерита [26].

В Северо-Восточной Якутии особый интерес представляет междуречье Яны и Индибирки, охватывающее значительную площадь от побережья Ледовитого океана до южных отрогов хр. Полоусного; установлены многочисленные россыпи склонового, делювиально-аллювиального, аллювиального, аллювиально-пролювиального и прибрежно-морского типов. Из рудных наиболее интересны месторождения касситерит-силикатной формации (Депутатское, Укачилан, Дьяхтардах и др.), в меньшей степени – касситерит-кварцевой (Полярное, Одинокое и др.), сопровождающиеся оловянными россыпями.

Открытие в 70-80 годах оловоносных россыпей в пределах обширных приморских и шельфовых равнин Северо-Востока Азии позволило выделить в качестве самостоятельной Восточно-Арктическую шельфовую россыпную оловоносную провинцию, которая по типу своего развития представляет молодую платформу с кайнозойским плитным чехлом на складчатом основании мезозойского возраста и по своему потенциалу близка «Оловянным островам» и шельфу Юго-Востока Азии. Это определяется следующими факторами: а) трассирование в пределы шельфовой области крупных секущих, реже продольных рудоконтролирующих структур с оловянной специализацией преимущественно касситерит-силикатной, в меньшей мере касситерит-кварцевой формации, генетически связанных с гранитоидным магматизмом раннемелового возраста; б) унаследованное развитие этих рудоконтролирующих элементов в качестве положительных морфоструктур, определяющее их преимущественное воздымание на фоне общего прогибания континентальной окраины, сопровождавшего расширение арктического бассейна; в) господство древних (от эоцена до раннего плейстоцена), преимущественно погребенных россыпей, пространственно и генетически связанных с ископаемой формацией пенеплена, расчленяющими его палеодолинами и базальными горизонтами морской трансгрессивной формации; присутствие в качестве ведущего промышленного типа крупных и уникальных по масштабу россыпей тектонических уступов, в которых, по оценке разных исследователей, может быть заключено более 2/3 всех ресурсов олова в россыпях провинции; д) перспективы коренного оловянного оруденения, по видимому, весьма высокие, но еще не оцененные [1].



Оловянные россыпи Юго-Восточной Азии.

Важнейшим фактором, определившим особенности формирования оловоносных россыпей Юго-Восточной Азии, являлось интенсивное химическое выветривание на протяжении кайнозоя, которое обусловило широкое развитие корообразования и карстовых процессов. Основное промышленное значение имеют элювиальные, элювиально-склоновые, аллювиальные, аллювиально-карстовые россыпи олова.

Юго-Восточная Азия на протяжении многих десятков лет является главным поставщиком олова на мировой рынок (60% мировой добычи оловянных концентратов). Эта огромная территория объединяет оловоносные площади ряда государств: Индонезии (месторождение Банка), Малайзии (Кинта, Перак), Лаоса, Бирмы, Таиланда (Чанват), Вьетнама, Южного Китая (Нюшипо) [16]. Во всех этих странах ведущее место в оловодобыче занимают россыпные месторождения. Регион расположен на юге азиатской части Тихоокеанского металлогенического пояса и включает Индонезийско-Бирманско-Малайскую, Северо-Вьетнамскую (Лаосско-Вьетнамскую), Южно-Китайскую оловоносные провинции. Оловянная минерализация имеет развитие как в складчатых областях, так и в активизированных зонах Южно-Китайской платформы, Индосинийского и Фухоатского срединных массивов. При этом эндогенное оруденение представлено преимущественно касситерит-кварцевой формацией. Однако достаточно широко развиты и другие рудные формации, в том числе касситерит-сульфидная, оловоносных пегматитов, служившие источником питания россыпей.

Как и в большинстве других областей развития россыпной оловоносности, основное промышленное значение имеют россыпи аллювиальной группы. Широко эксплуатируемые россыпи морских акваторий являются главным образом затопленными континентальными. Уникальные запасы россыпного олова содержатся в шельфовой зоне Индонезии, Малайзии и Таиланде [9].

Для того чтобы получить представления о масштабах россыпной оловоносности, к примеру, Индонезии, отметим, что запасы и ресурсы олова в 1975 году здесь оценивались в количестве более 1 млн т при содержании касситерита в россыпях нередко 0,4-1,0 кг/м³ оловоносных песков.

Аллювиальные россыпи отличаются большим разнообразием морфогенетических типов и переходят в районах развития карбонатных пород в аллювиально-карстовые. Продуктивные отложения могут достигать мощности в десятки метров (до 100 м в Малайзии). В то же время нередко россыпи, связанные с аллювием небольшой, даже ниже нормальной, мощности в первые метры (Вьетнам).

Наиболее крупные по запасам – аллювиально-карстовые россыпи, формирование которых происходило при взаимодействии процессов линейной эрозии и карстообразования. Этот тип россыпей имеет основное промышленное значение во Вьетнаме. В подавляющем большинстве случаев россыпи эрозионно-карстовых долин связаны с горным расчлененным рельефом положительных морфоструктур и имеют близповерхностное залегание [53].

В Юго-Восточном Забайкалье наиболее крупные (отработанные) оловянные россыпи находятся в Хапчерангинском рудном районе в Былыринском рудном узле области палеозойской складчатости. Здесь имеется группа отработанных сближенных (сопряженных) долинных аллювиальных четвертичных россыпей. Долины V-образного типа шириной от 20-50 м до 180 м и протяженностью каждая 12-15 и до 19 км с суммарными запасами олова 4,5 тысячи тонн при средних содержаниях касситерита 500-800 г/м³. Они явились результатом смещения в долины аридных кор выветривания мезозойских касситеритсодержащих гранитов, грейзенизированных гранитов и грейзенов, развитых на обширных площадях [29].

В Юго-Восточном Забайкалье на Агинском рифей-палеозойском срединном массиве, представляющим собой с начала мезозоя платформенную область, известны Ангатуйская, Ары-Булакская и ряд других оловянных (касситеритовых) россыпей. Они явились следствием денудации оловоносных мезозойских (позднеюрских) гранитоидов, сопровождавшихся преимущественно касситерит-кварцевым и касситерит-грейзеновым рудообразованием.

Ангатуйская долинная аллювиальная оловянная россыпь Саханай-Дурулгуевского рудного района включает в себе одну тысячу тонн олова при содержании касситерита 400-600 г/м³



(отработана). Одноименной падью с притоками дренируется большая площадь бедного (сотые доли процента) оловянного оруденения штокверкового касситерит-кварцевого типа в песчано-сланцевых породах пермо-триаса, прорванных юрскими оловоносными гранитоидами. По этим породам развита кора выветривания – источник долинной аллювиальной оловянной россыпи.

Ары-Булакская группа оловянных россыпей расположена в Шерловогорском рудном районе на Адун-Челонском оловорудном узле. В его геологическом строении принимают участие сланцы среднего палеозоя, прорванные крупным массивом юрских гранитоидов кукульбейского интрузивного комплекса, дайками пегматитов, гранит-порфиоров, кварцевых порфиоров, являющихся его дифференциатами. Все эти образования, а также девонские метаморфические сланцы оловоносны (касситеритсодержащие). Возникшая по ним в нижнем мелу кора химического выветривания, поставлявшая касситерит в нижнемеловые конгломераты, явилась источником питания пролювиальных четвертичных (плейстоценовых) россыпей, слабо выраженных в современном сглаженном рельефе Ары-Булакской депрессионной структуры [26]. Из указанной группы россыпей добыто около 1200 тонн олова с содержанием 400-600 г/м³ оловоносных песков. Изучение касситерита показало, что он не претерпел переноса на значительное расстояние. По химическому составу его можно отнести к касситерит-кварцевой формации.

Формация вольфрамовых вольфрамитовых, шеелитовых россыпей

Месторождения этой формации широко распространены почти во всех вольфрамоносных рудных провинциях. Они образуются за счет разрушения коренных месторождений различных вольфрамородных формаций и в особенности вольфрамит-кварцевой. Скарновые месторождения редко образуют промышленные шеелитовые россыпи (известны в КНР, США, Сихотэ-Алине).

В России вольфрамитовые россыпи известны в Забайкалье (Джидинское, Спокойнинское, Верхне-Чикойское рудные поля), Якутии (Омчикандин), Магаданской области (Иультинское рудное поле) и т.д.

Среди россыпных месторождений различаются элювиальные, делювиальные, делювиально-аллювиальные и аллювиальные. Наиболее крупные имеют протяженность более 5 км. Содержание вольфрамита в разрабатывавшихся россыпях бывшего СССР колебалось от 0,3 (в комплексных оловянно-вольфрамовых россыпях) до 10-20 кг/м³ в собственно вольфрамовых россыпях [16, 29].

Мелкие и рядовые россыпи обладают запасами WO₃ в десятки, сотни и первые тысячи тонн; крупными (по вольфраму) считаются россыпные месторождения с запасами 5 тыс.т WO₃ и более. Содержания WO₃ в промышленных россыпях Забайкалья составляет 500-1000 г/м³ при запасах песков 100-300 тыс.м³; на Северо-Востоке России содержания WO₃ в аналогичных по запасам россыпях 1-2 кг/м³.

Протяженность россыпей обычно небольшая. Это россыпи ближнего сноса 1,5-3,0 км, весьма редко до 9 км (Омчикандинская вольфрамит-касситеритовая россыпь Северо-Восточной Якутии – 9 км за счет Полярного месторождения Плюсного хребта, Инкурская губнеритовая россыпь Джидинского рудного узла Бурятии – до 8 км, некоторые шеелитовые россыпи Центрального Казахстана – 4-5 км) [1].

Формация редкометальных, редкометально-редкоземельных и редкоземельных россыпей

Россыпеобразующими свойствами обладают минералы циркония, гафния, редких земель, иттрия, тантала и ниобия. Главные из них циркон, колумбит, пирохлор, танталит, монацит, ксенотим, лопарит, танталоносный касситерит; второстепенные – бадделит, гатчеттолит, эвксенит, джалмаит, фергюсонит, ильменорутит, самарскит, микролит и др.; в качестве примесей в россыпях встречаются также бастнезит, паризит, циркелит, торолит и др.



В большинстве случаев редкометалльные минералы находятся в россыпях в различных сочетаниях и пропорциях, образуя, как правило, высококомплексные месторождения.

На них приходится около 98% мирового производства циркония, примерно 80% тантала, около 40% тяжелых и легких лантаноидов, иттрия. Редкометалльные россыпи дают, кроме редких элементов, основное количество получаемого в мире титана и олова, значительное количество утилизируемого ставролита, дистена, силлиманита, граната и других полезных компонентов, а также кварцевый песок для литейного, стекольного производства и строительных целей [54].

Россыпи тантало-ниобатов и минералов редких земель известны среди осадочных образований широкого возрастного диапазона и характеризуются разнообразным минеральным составом в зависимости от типа коренного источника – россыпеобразующих рудных формаций: редкометалльных гранитов и метасоматитов, редкометалльных пегматитов, редкометалльных карбонатитов, редкометалльных стратифицированных агпайтовых нефелиновых сиенитов, редкометаллоносных черносланцевых пород [26, 55]. Связанные с ними россыпи широко развиты в различных фациях континентального литогенеза, а в отдельных случаях и в прибрежно-морских, озерных отложениях ближайшего обрамления рудоносного субстрата. Предварительная мобилизация рудных минералов из коренных источников производится корами выветривания, а также под воздействием других факторов.

Классические представители прибрежно-морских россыпей – комплексные редкоземельно-редкометалльно-титановые россыпи циркон-рутил-лейкоксен-ильменитового состава с монацитом и ксенотимом.

Редкометалльные россыпи ближнего сноса, вместе с корами выветривания, с которыми они часто парагенетически и пространственно связаны, составляют крупную в промышленном отношении группу редкометалльных месторождений. Уступая по запасам сырья эндогенным месторождениям, они занимают подчас гораздо более важное место в мировой добыче названных металлов. Например, на россыпные месторождения приходится более 10% мировой добычи тантала при его доле в запасах всего около 4%, а доля кор выветривания и россыпей по карбонатитам в добыче ниобия составляет около 70% при их доле в запасах 20%. Кроме того, еще недавно около 50% тантала добывалось из шлаков от плавки оловянных концентратов, подавляющая доля которых также поступала из россыпей; сегодня эта величина снизилась до 20%.

Рассмотрим указанную россыпную формацию на примерах россыпей ближнего сноса в связи с их россыпеобразующими формациями коренных рудных месторождений и различных металлоносных пород с рассеянной рудной минерализацией.

Россыпи россыпеобразующих редкометалльных щелочных биотит-микроклин-альбитовых арфведсонит-рибекит-микроклин-альбитовых гранитов, редкометалльных ультраметаморфических щелочных метасоматитов.

Они являются важным промышленным типом тантало-ниобиевых месторождений. Характерным примером оловянно-редкометалльно-редкоземельных россыпей, связанных с современными корами выветривания на площадях рассеянной (непромышленной) минерализации коренных пород (колумбитовых гранитов), являются крупнейшие россыпи плато Джос в Нигерии. Добыча колумбита производится попутно с касситеритом, цирконом (содержащим до 5% гафния), магнетитом, ксенотимом, монацитом, торитом и ильменитом, как из элювиальных (до 70% от общей добычи колумбита), так и из делювиально-аллювиальных россыпей. Содержание колумбита в элювии 0,1-5 кг/м³ (в среднем 0,250 кг/м³). Разведанные запасы Nb₂O₅ колоссальны – 100 тыс. т, а перспективные ресурсы – миллионы тонн, Ta₂O₅ – около 10 тыс. т, аналогичны запасы SnO₂ и ZrO₂ [56]. На Украинском щите имеются два обособленных россыпных редкометалльных района, оба в краевых частях щита, подвергшихся раннепротерозойской активизации. Один из них – Южное Полесье, где расположен Пержанский район комплексных колумбит-касситеритовых россыпей, а другой – Приазовье, колумбитоносные и колумбит-касситеритовые россыпи которого связаны с комплексом трещинных интрузий позднепротерозойского возраста – Екатерининской, Каменногильской, Куйбышевской и др. Сходные по минеральному составу комплексные россыпи щелочно-



гранитоидного интрузивного комплекса известны также в пределах Кокчетавской глыбы в Северном Казахстане (колумбитоносные россыпи Лосевского массива). Потенциальной провинцией развития редкометальных (колумбит-пироклор-цирконовых) и редкометально-редкоземельных россыпей ближнего сноса в связи с щелочными гранитами и редкометально-редкоземельными ультрамета-морфическими метасоматитами (щелочными, гранитоподобными метасоматитами) являются древние консолидированные области Прибайкалья и Северного Забайкалья, также Южной Сибири. В этих районах расположены крупнейшие редко-метальные и редкометально-редкоземельные коренные месторождения – Катугинское, Улуг-Танзек, Зашихинское. Сегодня в полях этих месторождений известны в основном незначительные по запасам коры выветривания, в том числе переотложенные, и склоновые, реже ложковые россыпи. В близко аналогичной геологической обстановке в Улканском рудном районе Сибири имеются данные о наличии аллювиальных богатых редкометально-редкоземельных россыпей. В частности, в аллювии рек Ныгваган, Такгукта, Таррынах, Прямой содержания пироклора до 8 кг/м³, колумбита до 0,017 кг/м³, циртолита до 0,6 кг/м³, ильменита до 3,1 кг/м³, ксенотима до 0,64 кг/м³, монацита до 0,32 кг/м³ [57].

Россыпи россыпеобразующих редкометальных пегматитов.

Наиболее интересные россыпи танталита и комплексные касситерит-танталитовые развиты обычно в обширных полях с большой насыщенностью пегматитовыми телами. Содержание танталита в долинных россыпях промышленное – 30-100 г/м³ (россыпи Забайкалья, Калбинского хребта Восточного Казахстана и др.). Африка стоит на первом месте по экзогенным запасам тантала (россыпи танталатов в связи с пегматитами), Солодов, 1978. Известные в мире крупнейшие комплексные россыпи касситерита и тантало-ниобатов (район Лугулу в Заире, Питинга в Бразилии, остров Пенанг в Малайзии) связаны с корами выветривания, развивающимися по пегматитам преимущественно сподумен-микроклин-альбитового и альбит-сподуменового состава. Крупной потенциальной провинцией развития комплексных редкометальных россыпей в связи с пегматитами является север Сибирской платформы, где на Оленекском поднятии известны комплексные танталит-колумбит-касситеритовые россыпи.

Россыпи россыпеобразующих редкометальных и редкоземельных карбонатитов.

В различных районах мира известны карбонатитовые массивы (комплексы ультраосновных-щелочных пород и карбонатитов) с пироклором $(Na, Ca \dots)_2(Nb, Ti \dots)_2O_6(F, OH)$, кора выветривания которых явилась источником формирования крупных по масштабам и содержанию россыпей. Поскольку массивы приурочены к долгоживущим крупным тектоническим нарушениям, в них развиты зоны интенсивного расщепления и трещиноватости, что создает благоприятные предпосылки для развития кор химического выветривания (прежде всего линейного типа) на значительную глубину. Эти же зоны обычно наследуются гидросетью. Поэтому развитие кор выветривания по рудоносным карбонатитам, занимающим значительные площади, даже при низкой концентрации в них тех или иных редкометальных минералов, создает благоприятные условия для формирования комплексных россыпей различных минералов тантало-ниобатов, а также редкоземельных. Это пироклор, гатчеттолит (натриевый пироклор с ураном, танталом), колумбит $(FeMn)Nb_2O_5$; вторичные карбонаты и фосфаты редких земель – бастнезит $(Ce, La, P_2)[CO_3]F$, рабдофанит – водный фосфат редких земель $(Ce, Ca)[PO_4] \cdot 2H_2O$, также монацит $(Ce, La)PO_4$, ксенотим YPO_4 , циркон $ZrSiO_4$, бадделеит ZrO_2 . Характерными зарубежными примерами являются крупнейшие элювиально-делювиальные россыпи колумбитизированного пироклора, циркона и апатита, окаймляющие карбонатитовый массив Сукула (Уганда) на протяжении 16 км, а также уникальные остаточные россыпи массивов Араша (Бразилия), Луэшь, Мрима и др. (Африка). Наиболее крупные россыпные месторождения и перспективные проявления данного типа локализованы в России по периферии Сибирской платформы (Томторское на севере, Горное озеро в хребте Сетта-Дабан на востоке, Кийское и Тарское в Енисейском кряже и др.). К числу редкометальных провинций, обладающих меньшими перспективами или менее изученных в отношении россыпей, относятся Балтийский и Украинский щиты, а также Русская платформа.



Россыпи карбонатитовых массивов – типичные ближнего сноса; склоновые, ложковые, озерные, обычно локализованные в контурах самого массива и редко распространяющиеся за их пределы на расстояние более 1-2 км. Томторское россыпное месторождение – наиболее крупный объект, россыпеобразование которого связано с карбонатитами. Здесь открыты уникально богатые пластовые залежи ниобий-редкоземельных руд осадочного происхождения, залегающих на коре выветривания карбонатитового массива под осадками перми, и установлен сложный гравитационно-хемогенный механизм их формирования. Эндогенная минерализация карбонатитового массива Томтор относится к ниобий-редкоземельно-фосфатному типу с попутными иттрием и скандием, по своим масштабам она представляет собой крупный рудный объект. Все главные редкометаллы и редкоземельные минералы – пирохлор, монацит, бастнезит – являются типичными россыпеобразующими. Делювиально-озерные осадки («перемытые коры выветривания») получили название «рудный пласт». Они представляют собой ультрабогатые комплексные руды Nb, Y, TR, Sc, Ti, являющиеся по сути природным черновым концентратом. Образования «рудного пласта» восточной части карбонатитового ядра заполняют субмеридионально вытянутую впадину протяженностью около 3 км и шириной от 0,25 до 1,5 км, образуя в ее пределах залежь мощностью от 0,2 до 35 м, в среднем 8-10 м [1].

Россыпи россыпеобразующих редкометалло-редкоземельных стратифицированных агпаитовых нефелиновых сиенитов.

Это россыпи лопарита $(Na, Ce, Ca)(Nb, Ti)O_3$ разнообразных генетических типов в межледниковых отложениях по обрамлению палеозойского редкометаллоносного Ловозерского массива Кольского полуострова, заключающем в себе уникальное в мире одноименное редкометалло-редкоземельное месторождение лопаритовых малиньитов. Лопаритоносны различные типы континентальных отложений, включая озерные фации, морены двух стадий покровного оледенения и межстадиальные флювиогляциальные (водно-ледниковые, в частности ледниково-речные, отлагаемые потоками талых вод и представленные преимущественно галькой, гравием и косослоистым песком). Значительная роль при этом принадлежит талым водам ледника, создавшим крупные приледниковые бассейны, в которых прибрежные процессы приводили к формированию озерных россыпей. Перенос и сортировка рудных минералов в морене и флювиогляциальных отложениях обуславливали формирование на локальных площадях редкометалло-редкоземельных россыпей. Наряду с лопаритом $(Na, Ce, Ca)(Ti, Nb)O_3$ в них в переменных количествах присутствует циркон $ZrSiO_4$, рутил TiO_2 , ильменит $FeTiO_3$, магнетит Fe_3O_4 и др. Плотиком россыпей являются гнейсы или щелочные породы массива. Установлены четыре этапа позднеплейстоценового россыпеобразования - межледниковый, межстадиальный позднеледниковый и послеледниковый, то есть те периоды, когда существовали благоприятные условия для концентрации лопарита в прибрежных зонах озерных водоемов и потоках талых вод [1, 26]. Россыпи представляют собой пластовые выдержанные залежи, сложенные толщей валунно-галечных отложений с песчаным заполнителем преимущественно эгирин-полевошпатового состава мощностью от 5 до 72 м (средняя 30 м). Среднее содержание лопарита в залежи по бортовому содержанию 2 кг/м³ составляет 2,6 кг/м³. Имеются также россыпи с содержанием лопарита в рудных песках до 1,4 кг/м³. Как известно, лопарит – высококомплексное редкометалльное сырье. В лопарите ловозерских россыпей содержатся, в %: Nb₂O₅ – 8,3, Ta₂O₅ – 0,67, TiO₂ – 39,8, ΣTR₂O₃ – 34,88, ThO₂ – 0,6, SiO₂ – 1,69. Его ценность определяется многими компонентами, в том числе Ta составляет 58% стоимости (в ценах 1998 г.), Nb – 23%, TR₂O₃ – 11%, Ti – 8%, Sr не извлекается [1].

Формация россыпей европиеносного монацита (куларита) россыпеобразующих редкоземельных углеродисто-терригенных (черносланцевых) пород

Особое место среди источников редкоземельных минералов россыпей занимают черносланцевые формации и, в частности, низкокальцевые углеродисто-терригенные толщи миогеосинклинальных комплексов, поставляющие в россыпи своеобразную аутигенно-



метаморфическую разновидность европиеносного монацита (серый монацит) пониженной радиоактивности (куларита). Внешне это сферические и эллипсоидные агрегаты, обладающие несколько пониженной плотностью, нежели акцессорный монацит кристаллических пород.

Перспективные районы и провинции этих россыпей приурочены к областям развития метапесчаников черносланцевой формации. Наиболее повышенные концентрации куларита установлены в золотоносных россыпях Куларского района в Северо-Восточной Якутии, где он накапливается в количестве до 1-1,5 кг/м³, а также в ископаемых девонских алмаз-циркон-золотоносных россыпях Среднего Тимана (Ичет-ю). Потенциальными провинциями таких редкоземельных россыпей являются Северное Верхоянье, обрамление Енисейского кряжа и др. [58].

Формация киноварных россыпей

Большинство известных киноварных россыпей связано с ртутными месторождениями телетермального (прежде всего джаспероидного и лиственитового) и вулканогенного (карбонатно-полиаргиллитового типа) классов. Они представляют собой типичные россыпи ближнего сноса и пространственно тесно связаны с коренными месторождениями.

Как правило, генетически россыпи киновари представляют собой остаточные коры выветривания, элювиально-склоновые, ложковые и аллювиальные месторождения. Более значительны по масштабам киноварные россыпи ложковые и аллювиальные

Богатые делювиальные плейстоцен-голоценовые россыпи киновари имеются в Северной Америке вблизи крупного ртутного рудника на лиственитовом месторождении Нью-Альмаден (штат Калифорния), где гальки киновари достигают нескольких сантиметров в диаметре.

Содержание киновари в россыпях ложково-аллювиального генезиса составляет 0,5-5 кг/м³. Протяженность россыпей с таким уровнем содержания редко превышает 1,5-2 км; исключение может составлять случай, когда минерализованные зоны в днище долины ориентированы вдоль нее, либо при множественных источниках питания.

Несмотря на то, что киноварные россыпи занимают весьма незначительное место среди других рудных формаций месторождений ртути, они могут вносить весомый вклад в структуру запасов отдельных ртутных рудных полей и районов, формируя легкообогатимые залежи с содержаниями киновари первые кг/м³.

Среди различных типов киноварных месторождений преимущественными россыпеобразующими свойствами обладают руды кварц-диккитового карбонатно-аргиллитового типа [1].

Формация россыпей пляжевых кварцевых песков

Это высокосортированные олигомиктовые кварцевые пески в составе разновозрастных терригенных формаций осадочного чехла платформ. Важное значение имеют затопленные пляжи пологих морских побережий для получения кварцевых песков (Атлантическое и Тихоокеанское побережье США). Особенностью этих россыпей является их восполняемость – восстановление прежних запасов после определенного перерыва в добычных работах [5].

Прибрежно-морские высок кварцевые олигомиктовые песчаные образования – главный источник кварца для литейной, стекольной и строительной целей, а также электротехнического производства. Собственно кварцевые месторождения, связанные с прибрежными зонами современных и ископаемых бассейнов, образуются в условиях, близких к формированию комплексных прибрежно-морских россыпей, свойственных высокозрелым толщам берегов аккумулятивного строения. Фактически их можно рассматривать как крайний член латеральной зональности прибрежно-морских россыпей, когда литодинамические параметры среды обеспечивают формирование высокосортированных песков. В обобщенном виде этот ряд имеет следующий вид: циркон-ильменитовые прибрежно-морские россыпи – существенно гранатовые – существенно силлиманитовые прибрежно-морские россыпи – собственно кварцевые пески с незначительной примесью рудных минералов.

Как и прочие прибрежно-морские россыпи, наиболее высококачественные кварцевые прибрежно-морские россыпи связаны на территории СНГ с ископаемыми формациями



платформенных областей. Наиболее важные среди них - палеоген-миоценовые, на втором месте меловые; качество четвертичных песков существенно ниже.

Современная промышленность предъявляет определенные требования к масштабам этих месторождений – их запасы должны составлять не менее 3,75 млн. т, что при производительности 150-300 тыс. т/год обеспечит деятельность предприятия на 25 лет. В настоящее время только на территории России известно более 25 месторождений, удовлетворяющих этим требованиям, из них крупнейшее в Европейской части – Егановское в Московской области, Лукашинское и Мураевня – в Рязанской, Новозыбковское – в Брянской, Ташлинское – в Ульяновской областях, в Сибири – Туганское и Георгиевское – на территории Томской области. Крупные запасы кварцевых песков сосредоточены в верхнемеловых отложениях Чулымо-Енисейской впадины (север Кемеровской области). Здесь разведано несколько месторождений в районе ж/д станции Ижморская (Зеленая зона, Ижморское-2, Тракторное, Ижморский лог, Северное, 312 км), суммарные запасы которых составляют около 250 млн.т [59]. В последние годы на некоторых месторождениях кварцевых песков и песчано-гравийной смеси установлены концентрации золота на уровне 50-100 мг/т и выше.

Формация корундовых россыпей

Примером может служить крупная корундовая делювиальная россыпь месторождения Семиз-Бугу корунд – андалузитовых руд алюминиевой корунд-андалузит-алунитовой вторично-кварцитово-риолитовой рудной формации (Центральный Казахстан). Россыпь пластообразной формы, ее протяженность 700 м при ширине 50-350 м и мощности 0,4-7,4 м. Она сложена угловатыми обломками вторичных кварцитов, корундовых и андалузитовых руд, слабо сцементированными песчано-глинистой массой. Вблизи лежащего бока россыпи (плотика) находится корундовый песок; содержание корунда в ней 14% [60].

Формация янтарных россыпей

Янтарь является fossilized (окаменевшей) ископаемой смолой некоторых хвойных деревьев мелового и палеоген-неогенового возраста, произраставших в северном полушарии, в частности в полтавской, тургайской и родственных им флор. Степень fossilization янтаря соответствует степени углефикации бурых углей, с которыми в подавляющем большинстве случаев пространственно и генетически связаны первичные месторождения янтаря. Они подобно ископаемым углям разделяются на автохтонные и аллохтонные. Для каждого из этих типов характерны специфические особенности концентрации янтаря. Вмещающими их породами являются бурые угли, лигниты, глины, реже песчаники и галечники.

Вторичные месторождения янтаря представляют собой различные по генезису россыпи. Промышленными типами их являются морские и реже прибрежно-морские. Наибольшее распространение имеют эоцен-олигоценые россыпи морского происхождения, образующие Балтийско-Днепровскую, Карпатскую и Бирманскую субпровинции Евразийской янтарной провинции. Формирование их происходило главным образом в проливах и заливах морских бассейнов.

Древние морские россыпи янтаря приурочены в Прибалтике к прусской свите («голубая земля»), а на Украине и в Белоруссии – к киевской и харьковской свитам палеогена.

К числу перспективных районов территории бывшего СССР для поисков древних россыпей янтаря относится Таймырский полуостров, в пределах которого обнаружены многочисленные куски янтаря с включениями растительного и животного происхождения [61].

Заключение

Образованию и эволюции формаций месторождений полезных ископаемых прешествовала длительная эволюция Земли, в том числе глубинных ее геосфер. Основной причиной эволюции недр Земли являлась и является термогравитационная дифференциация, и в особенности дифференциация вещества нашей планеты по плотности. Она приводит к постепенной переработке первичного вещества планеты, росту ядра и накоплению остаточного, во многом



легкого материала во внешней части Земли с образованием твердых, жидких и газообразных месторождений различных полезных ископаемых. Дифференциация вносит существенный вклад в энергетический баланс планеты, служит основной причиной и условием тектонических (механических) движений и магматизма, рудообразования, а также определяет ряд других важных протекающих в Земле геодинамических процессов. Главный источник механической энергии Земли – потенциальная энергия непродифференцированной по плотности планеты Земля.

Эволюция, энергетические источники образования формаций месторождений полезных ископаемых – это одно из звеньев и следствие эволюции недр Земли. Магматизм, метаморфизм, рудо-, газо- и нефтеобразование, тектонические процессы являются внешним отражением глубинных (мантийных и земного ядра) вещественно-энергетических импульсов планеты Земля. Эволюция геологических формаций и, как следствие, формаций месторождений разнообразных полезных ископаемых усматривается как создание современной литосферы Земли.

Список источников

1. Россыпные месторождения России и других стран СНГ. Минералогия и промышленные типы, стратегия развития минерально-сырьевой базы // М.: Научный мир. – 1997. – 479 с.
2. Шило, Н.А. Основы учения о россыпях // М.: Наука. – 1985. – 395 с.
3. Типы рудоносных фаций // М.: Наука. – 1978. – 220 с.
4. Киевленко, Е.Я. Поиски и оценка месторождений драгоценных и поделочных камней // М.: Недра. – 1980. – 164 с.
5. Старостин, В.И. Геология полезных ископаемых / В.И. Старостин, П.А. Игнатов // М.: Изд-во МГУ. – 1997. – 304 с.
6. Шило, Н.А. Процессы формирования россыпей в перигляционных и аридных обстановках и типы промышленных и россыпных месторождений / Н.А. Шило, Н.Г. Патык-Кара // Геология рудных месторождений. – 1994. – Т. 36. – №6. – С. 483-499.
7. Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые // Л.: Недра. – 1986. – 751 с.
8. Дерябин, Ю.А. Перспективы переработки чинейских титаномагнетитов / Ю.А. Дерябин, Л.А. Смирнов // Екатеринбург: Среднеуральское книжное издательство. – 1999. – 368 с.
9. Айнемер, А.И. Россыпи шельфовых зон мирового океана / А.И. Айнемер, Г.И. Коншин // Алмазные россыпи западной Якутии. – Л.: Недра. – 1982. – 263 с.
10. Мелкий, В.А. Оценка готовности к эксплуатации Ручарского месторождения титаномагнетитовых песков // Россыпи и месторождения кор выветривания – объект инвестиций на современном этапе. Тез. докл. X Междунар. совещ. 21-26 ноября 1999 г. – М. – 1999. – С. 126-127.
11. Железородная база России // М.: Геоинформмарк. – 1998. – 824 с.
12. Быховский, Л.З. Титаномагнетитовые руды – новый взгляд на промышленное использование / Л.З. Быховский, Л.П. Тигунов, Л.В. Зубков // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2003. – №3. – С. 6-14.
13. Архипов, Г.И. Особенности титановых месторождений Дальнего Востока и возможности их освоения // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2003. – №1. – С. 62-67.
14. Виниченко, М.Н. Древние россыпи ильменита юга Сибирской платформы и их прогнозная оценка / М.Н. Виниченко, И.Л. Копылевич // IV Всесоюзное совещание по геологии россыпей: Тез. докл. – Киев, 1973. – С. 107-108.
15. Старицкий, Ю.Г. Типы руд металлических и неметаллических полезных ископаемых чехла Русской платформы / Ю.Г. Старицкий, Г.Г. Кочин // Геология рудных месторождений. – 1994. – Т. 36. – №2. – С. 137-147.
16. Смирнов, В.И. Курс рудных месторождений / В.И. Смирнов, А.И. Гинзбург // М.: Недра. – 1981. – 348 с.
17. Яковлев, В.Л. Минерально-сырьевая база республики Коми / В.Л. Яковлев, С.И. Бурыкин, Н.И. Ермаков // Горный журнал. – 2002. – №1. – С. 21-27.
18. Рудные месторождения СССР. Т. 1, т. 2 // М.: Недра. – 1978.
19. Патык-Кара, Н.Г. Палеоструктурные условия формирования титано-циркониевых россыпей Обуховской группы (Северный Казахстан) / Н.Г. Патык-Кара, В.И. Колодочко // Геология рудных месторождений. – 1994. – Т. 36. – №1. – С. 57-67.



20. Тан Циксин. Источники питания и условия концентрации литоральных россыпных месторождений Китая / Тан Циксин, Рухул Ли // Литология и полезные ископаемые. – 1996. – №6. – С. 583-589.
21. Станвей, К. Восточная титановая провинция Северной Америки // Литология и полезные ископаемые. – 1996. – №6. – С. 572-582.
22. Крупные и уникальные месторождения редких и благородных металлов // Л.: Гос. техн. ун-т. – 1998. – 319 с.
23. Новиков, А.А. Перспективы развития сырьевой базы металлургии России / А.А. Новиков, И.Э. Ястржемский, Ю.Л. Благутин // Горный журнал. – 2002. – №. – С. 3-9.
24. Покалов, В.Т. Динамика производства черны и легирующих металлов, прогноз и проблемы // Разведка и охрана недр. – 2001. – №11-12. – С. 2-5.
25. Ашурков, В.А. О кимберлитах и лампроитах западной части Алтае-Саянской складчатой области / В.А. Ашурков, А.Ф. Быч // Геологическое строение и полезные ископаемые западной части Алтае-Саянской складчатой области: материалы науч.-практ. конф. – Кемерово, Новокузнецк. – 1999. – С. 237-240.
26. Гурвич, С.И. Закономерности размещения редкометалльных и оловоносных россыпей // М.: Недра. – 1978. – 225 с.
27. Надеждина, Е.Д. Формации, вмещающие древние редкометалльно-титановые россыпи // Генетические типы осадочных рудоносных и угленосных формаций. – М.: Недра. – 1973. – С. 139-159.
28. Зеликов, М.А. Новые данные о Сомотканском россыпном титано-циркониевом месторождении по результатам эксплуатации // IV Всесоюзное совещание по геологии россыпей: тез. докл. – Киев. – 1973. – С. 50-51.
29. Скурский, М.Д. Недра Забайкалья // Чита. – 1996. – 62 с.
30. Овчинников, Л.Н. Полезные ископаемые и металлогения Урала // М.: Геоинформмарк. – 1998. – 412 с.
31. О деятельности Сибирского отделения Российской академии наук в 1995 году // Новосибирск: Изд-во СО РАН. – 1996. – 152 с.
32. Никифорова, З.С. Генезис месторождения Кангаба (Мали, Западная Африка) с точки зрения олового россыпеобразования // Отечественная геология. – 1998. – №6. – С. 70-73.
33. Бойцов, В.Е. Золото и уран в мезозойских гидротермальных месторождениях центрально Алдана (Россия) / В.Е. Бойцов, Г.Н. Пилипенко // Геология рудных месторождений. – 1996. – Т. 40. – №4. – С. 354-369.
34. Ивенсен, Ю.П. Генетические типы золотого оруденения и золоторудные формации / Ю.П. Ивенсен, А.И. Левин // Золоторудные формации и геохимия золота Верхояно-Чукотской складчатой области. – М.: Наука. – 1975. – С. 5-21.
35. Константиновский, А.А. Палеороссыпи в эволюции осадочной оболочки континентов // М.: Изд-во науч. лит. – 2000. – 288 с.
36. Беневольский, Б.И. Минерально-сырьевая база золота России на рубеже XXI века / Б.И. Беневольский, В.Н. Иванов // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 1999. – №1. – С. 9-16.
37. Малич, К.Н. Модельный Re-Os-возраст платиноидной минерализации Гулинского массива (север Сибирской платформы, Россия) // Геология рудных месторождений. – 1999. – №2. – С. 143-153.
38. Кривцов, А.И. Комплект карт экзогенной золотоносности и платиноносности России // Отечественная геология. – 1998. – №3. – С. 3-8.
39. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия) // М.: Маик-Наука-Интерпериодика. – 2001. – 571 с.
40. Основные типы рудных формаций: Терминологический справочник // М.: Наука. – 1984. – 316 с.
41. Додин, Д.А. Минерально-сырьевой потенциал платиновых металлов России на пороге XXI века / Д.А. Додин, Л.В. Оганесян, Н.М. Чернов // М.: Геоинформмарк. – 1998. – 468 с.
42. О деятельности Сибирского отделения Российской академии наук в 1997 году // Новосибирск: Изд-во СО РАН. – 1998. – 160 с.
43. Геология, экономика, методы прогноза, поисков, оценки и разведки месторождений твердых полезных ископаемых. Платиновая минерализация в интрузивных комплексах аляскинского типа: Экспресс-информ. // М.: ВИЭМС. – 1990. – Вып. 11. – С. 23-25.
44. Моисеенко, В.Г. Платиноносные формации Дальнего Востока / В.Г. Моисеенко, Л.И. Степанов // Доклады РАН. – 2003. – Т. 390. – №5. – С. 651-653.



45. Кузьмин, А.В. Золотодобывающая промышленность: продолжение структурной перестройки / А.В. Кузьмин, А.Г. Касимов // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2003. – №4-5. – С. 54-60.
46. Зимоглядов, Б.Н. Закономерности размещения и критерии поисков древнечетвертичных и современных россыпей платины Норильского района / Б.Н. Зимоглядов, Ю.А. Гогин // IV Всесоюзное совещание по геологии россыпей: тез. докл. – Киев. – 1973. – С. 50-51.
47. Вахромеев, С.А. Месторождения полезных ископаемых // М.: Госгеолтехиздат. – 1961. – 463 с.
48. Зинчук, Н.Н. Коры выветривания и вторичные изменения кимберлитов Сибирской платформы (в связи с проблемой поисков и разработки алмазных россыпей) // Новосибирск: изд-во Новосибирского университета. – 1994. – 240 с.
49. Покровский, Б.Г. Коровая контаминация мантийных магм по данным изотопной геохимии // М.: Наука. – 2000. – 228 с.
50. Ермолов, В.А. Кристаллография, минералогия и геология камнесамоцветного сырья / В.А. Ермолов, В.А. Дунаев, В.В. Мосейкин // М., 2003. – 407 с.
51. Киевленко, Е.Я. Геология месторождений поделочных камней // М.: Недра. – 1983. – 263 с.
52. Еремин, Н.И. Неметаллические полезные ископаемые // М.: изд-во МГУ. – 1991. – 284 с.
53. Белоусов, В.Д. Континентальный литогенез и россыпеобразование в оловоносных районах Юго-Восточной Азии / В.Д. Белоусов, А.А. Петроченков // Литология и полезные ископаемые. – 1978. – №1. – С. 99-102.
54. Бойко, Т.Ф. Прогноз и поиски редкометальных россыпных месторождений // Разведка и охрана недр. – 1993. – №3. – С. 29-32.
55. Скурский, М.Д. Саяно-Байкало-Становой металлогенический пояс // Геология и геофизика. – 1993. – Т. 34. – №7. – С. 53-59.
56. Бурмин, Ю.А. Геохимия рудоносных кор выветривания // М.: Недра. – 1987. – 228 с.
57. Гурьянов, В.А. Редкие металлы и редкие земли Улканского рудного района / В.А. Гурьянов, М.В. Горошко // Стратегия использования и развития минерально-сырьевой базы редких металлов в России в XXI веке: тез. докл. Междунар. симп. 5-9 октября 1998 г. – М.: Министерство природных ресурсов. – 1998. – С. 57-59.
58. Кременецкий, А.А. Новый геолого-промышленный тип редкоземельных россыпей // Разведка и охрана недр. – 1993. – №3. – С. 15-19.
59. Кривенко, А.П. Ресурсы кварцевого песка в Западной Сибири и перспективы их освоения / А.П. Кривенко, П.П. Кузнецов // Геологическое строение и полезные ископаемые западной части Алтае-Саянской складчатой области: материалы науч.-практ. конф. – Кемерово, Новокузнецк. – 1999. – С. 242-244.
60. Промышленные типы месторождений неметаллических полезных ископаемых: Пособие для лабораторных занятий / И. Ф. Романович, А.В. Коплус, И.Н. Тимофеев [и др.] // М.: Недра. – 1982. – 206 с.
61. Трофимов, В.С. Древние россыпи янтаря Прибалтики и Украины // IV Всесоюзное совещание по геологии россыпей: тез. докл. – Киев, 1973. – С. 12-13.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2021 Авторы. Издательство Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Информация об авторах

Скурский Михаил Данилович

докт. техн. наук, профессор

e-mail: skurskymd@kuzstu.ru

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева

Российская Федерация, Кемеровская область – Кузбасс, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

Забайкальский государственный университет

Российская Федерация, Читинская область, 672039, г. Чита, улица Александро-Заводская, дом 30

Вейц Рамила Алексеевна, старший преподаватель

e-mail: veytsra@kuzstu.ru



Возная Анна Анатольевна, канд. геол.-мин. наук, доцент
e-mail: vaa.geo@kuzstu.ru

Грибанова Галия Ибрагимовна, старший преподаватель
e-mail: ggi.geo@kuzstu.ru

Кизжаева Наталья Николаевна, старший преподаватель
e-mail: kizhaevann@kuzstu.ru

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева
Российская Федерация, Кемеровская область – Кузбасс, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

SEDIMENTARY CONTINENTAL MECHANOGENIC TERRIGENOUS FORMATIONS OF PLACER MINERAL DEPOSITS

Mikhail D. Skursky^{1,2}, Ramila A. Veits¹, Anna A. Voznaya¹, Galiya I. Griбанова¹, Natalya N. Kizhaeva¹

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University»

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Transbaikal State University»

Abstract.

According to the classical theory of placer formation, the foundations of which are laid in the works of W. Lindgren, K. Rayborn, G. Milner, E. Dunn, Y.A. Bilibin, I.S. Rozhkov, humid environments provide deep chemical weathering of rocks and opportunities for transportation, sorting and accumulation of relatively strong and heavy minerals in the water environment (in river valleys and coastal zone) and therefore have the priority in formation of placer deposits.

These views underwent a significant transformation in the mid-1960s during the study of gold placers in the Russian North-East. It turned out that the permafrost also does not prevent the formation of placers, and physical and chemical changes of rocks in the zone of permafrost and features of slope and fluvial processes impose an imprint on the structure of placer deposits. Periglacial (near-glacial) lithogenesis, determining the specific mechanisms of movement of clastic masses and concentration of heavy minerals, contributes to the appearance of special morphogenetic types of placer deposits, largely differing from the placers of humid areas. Areas of periglacial lithogenesis occupy 34.5 million km² (23% of land), including more than 22 million km² in the Northern Hemisphere alone (of which more than 11 million km² in Russia).

It was also believed that semi-arid (half-arid), arid (dry climate) environments, which now occupy almost 23% of the land surface, were also poorly favorable for the formation of large placers due to the reduction or complete absence of surface runoff. Meanwhile, by the end of the 1980s, a sufficient number of facts had accumulated indicating the release of placer-forming minerals, their transfer, sorting and concentration in various environments of arid and semi-arid regions.

Formations of placer mineral deposits are considered below. Their names omit the geological and ore formations producing them due to the fact that the placers, especially those of distant drift, have completely and often partially lost their connection with the indigenous sources. In the text they are restored as far as possible.



Article info

Received:
17 September 2021

Revised:
15 October 2021

Accepted:
23 October 2021

Keywords: placer deposits, formations, natural resources, minerals, precious metals, sedimentation, placer formation



For citation: Skursky M., Veits R., Voznaya A., Griбанова G., and Kizhaeva N. (2021) Sedimentary continental mechanogenic terrigenous formations of placer mineral deposits, *Journal of mining and geotechnical engineering*, 4(15):4. DOI: 10.26730/2618-7434-2021-4-4-39

References

1. Rossypnye mestorozhdeniya Rossii i drugikh stran SNG. Minerageniya i promyshlennyye tipy, strategiya razvitiya mineral'no-syr'evoy bazy // M.: Nauchnyy mir. – 1997. – 479 s.
2. Shilo, N.A. Osnovy ucheniya o rossypyakh // M.: Nauka. – 1985. – 395 s.
3. Tipy rudonosnykh fatsiy // M.: Nauka. – 1978. – 220 s.
4. Kievlenko, E.Ya. Poiski i otsenka mestorozhdeniy dragotsennykh i podelochnykh kamney // M.: Nedra. – 1980. – 164 s.
5. Starostin, V.I. Geologiya poleznykh iskopaemykh / V.I. Starostin, P.A. Ignatov // M.: Izd-vo MGU. – 1997. – 304 s.
6. Shilo, N.A. Protsessy formirovaniya rossypey v periglyatsionnykh i aridnykh obstanovkakh i tipy promyshlennykh i rossypnykh mestorozhdeniy / N.A. Shilo, N.G. Patyk-Kara // Geologiya rudnykh mestorozhdeniy. – 1994. – T. 36. – №6. – S. 483-499.
7. Kriterii prognoznoy otsenki territoriy na tverdye poleznye iskopaemye // L.: Nedra. – 1986. – 751 s.
8. Deryabin, Yu.A. Perspektivy pererabotki chineyskikh titanomagnetitov / Yu.A. Deryabin, L.A. Smirnov // Ekaterinburg: Sredneuralskoe knizhnoe izdatel'stvo. – 1999. – 368 s.
9. Aynemer, A.I. Rossypi shel'fovykh zon mirovogo okeana / A.I. Aynemer, G.I. Konshin // Almaznye rossypi zapadnoy Yakutii. – L.: Nedra. – 1982. – 263 s.
10. Melkiy, V.A. Otsenka gotovnosti k ekspluatatsii Rucharskogo mestorozhdeniya titano-magnetitovykh peskov // Rossypi i mestorozhdeniya kor vyvetrivaniya – ob'ekt investitsiy na sovremennom etape. Tez. dokl. X Mezhdunar. soveshch. 21-26 noyabrya 1999 g. – M. – 1999. – S. 126-127.
11. Zhelezorudnaya baza Rossii // M.: Geoinformmark. – 1998. – 824 s.
12. Bykhovskiy, L.Z. Titanomagnetitovye rudy – novyy vzglyad na promyshlennoe ispol'zovanie / L.Z. Bykhovskiy, L.P. Tigonov, L.V. Zubkov // Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie. – 2003. – №3. – S. 6-14.
13. Arkhipov, G.I. Osobennosti titanovykh mestorozhdeniy Dal'nego Vostoka i vozmozhnosti ikh osvoeniya // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka. – 2003. – №1. – S. 62-67.
14. Vinichenko, M.N. Drevnie rossypi il'menita yuga Sibirskoy platformy i ikh prognoznaya otsenka / M.N. Vinichenko, I.L. Kopylevich // IV Vsesoyuznoe soveshchanie po geologii rossypey: Tez. dokl. – Kiev, 1973. – S. 107-108.
15. Staritskiy, Yu.G. Tipy rud metallicheskiykh i nemetallicheskiykh poleznykh iskopaemykh chekhla Russkoy platformy / Yu.G. Staritskiy, G.G. Kochin // Geologiya rudnykh mestorozhdeniy. – 1994. – T. 36. – №2. – S. 137-147.
16. Smirnov, V.I. Kurs rudnykh mestorozhdeniy / V.I. Smirnov, A.I. Ginzburg // M.: Nedra. – 1981. – 348 s.
17. Yakovlev, V.L. Mineral'no-syr'evaya baza respubliki Komi / V.L. Yakovlev, S.I. Burykin, N.I. Ermakov // Gornyy zhurnal. – 2002. – №1. – S. 21-27.
18. Rudnye mestorozhdeniya SSSR. T. 1, t. 2 // M.: Nedra. – 1978.
19. Patyk-Kara, N.G. Paleostrukturnye usloviya formirovaniya titano-tsirkonievyykh rossypey Obukhovskoy gruppy (Severnyy Kazakhstan) / N.G. Patyk-Kara, V.I. Kolodochko // Geologiya rudnykh mestorozhdeniy. – 1994. – T. 36. – №1. – S. 57-67.
20. Tan Tsiksin. Istochniki pitaniya i usloviya kontsentratsii litoral'nykh rossypnykh mestorozhdeniy Kitaya / Tan Tsiksin, Rukhul Li // Litologiya i poleznye iskopaemye. – 1996. – №6. – S. 583-589.
21. Stanvey, K. Vostochnaya titanovaya provintsiya Severnoy Ameriki // Litologiya i poleznye iskopaemye. – 1996. – №6. – S. 572-582.
22. Krupnye i unikal'nye mestorozhdeniya redkikh i blagorodnykh metallov // L.: Gos. tekhn. un-t. – 1998. – 319 s.
23. Novikov, A.A. Perspektivy razvitiya syr'evoy bazy metallurgii Rossii / A.A. Novikov, I.E. Yastrzhemskiy, Yu.L. Blagutin // Gornyy zhurnal. – 2002. – №. – S. 3-9.
24. Pokalov, V.T. Dinamika proizvodstva cherny i legiruyushchikh metallov, prognoz i problemy // Razvedka i okhrana nedr. – 2001. – №11-12. – S. 2-5.
25. Ashurkov, V.A. O kimberlitakh i lamproitakh zapadnoy chasti Altae-Sayanskoy skladchatoy oblasti / V.A. Ashurkov, A.F. Bych // Geologicheskoe stroenie i poleznye iskopaemye zapadnoy chasti Altae-Sayanskoy skladchatoy oblasti: materialy nauch.-prakt. konf. – Kemerovo, Novokuznetsk. – 1999. – S. 237-240.



26. Gurvich, S.I. Zakonomernosti razmeshcheniya redkometall'nykh i olovonosnykh rossypey // M.: Nedra. – 1978. – 225 s.
27. Nadezhkina, E.D. Formatsii, vmeshchayushchie drevnie redkometal'no-titanovye rossypi // Geneticheskie tipy osadochnykh rudonosnykh i ughlenosnykh formatsiy. – M.: Nedra. – 1973. – S. 139-159.
28. Zelikov, M.A. Novye dannye o Samotkanskom rossypnom titano-tsirkonievom mestorozhdenii po rezul'tatam ekspluatatsii // IV Vsesoyuznoe soveshchanie po geologii rossypey: tez. dokl. – Kiev. – 1973. – S. 50-51.
29. Skurskiy, M.D. Nedra Zabaykal'ya // Chita. – 1996. – 62 s.
30. Ovchinnikov, L.N. Poleznye iskopaemye i metallogeniya Urala // M.: Geoinformmark. – 1998. – 412 s.
31. O deyatelnosti Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk v 1995 godu // Novosibirsk: Izd-vo SO RAN. – 1996. – 152 s.
32. Nikiforova, Z.S. Genezis mestorozhdeniya Kangaba (Mali, Zapadnaya Afrika) s tochki zreniya eolovogo rossypeobrazovaniya // Otechestvennaya geologiya. – 1998. – №6. – S. 70-73.
33. Boytsov, V.E. Zoloto i uran v mezozoysskikh gidrotermal'nykh mestorozhdeniyakh tsentral'no Aldana (Rossiya) / V.E. Boytsov, G.N. Pilipenko // Geologiya rudnykh mestorozhdeniy. – 1996. – T. 40. – №4. – S. 354-369.
34. Ivensen, Yu.P. Geneticheskie tipy zolotogo orudneniya i zolotorudnye formatsii / Yu.P. Ivensen, A.I. Levin // Zolotorudnye formatsii i geokhimiya zolota Verkhoyano-Chukotskoy skladchatoy oblasti. – M.: Nauka. – 1975. – S. 5-21.
35. Konstantinovskiy, A.A. Paleorossypi v evolyutsii osadochnoy obolochki kontinentov // M.: Izd-vo nauch. lit. – 2000. – 288 s.
36. Benevol'skiy, B.I. Mineral'no-syr'evaya baza zolota Rossii na rubezhe XXI veka / B.I. Benevol'skiy, V.N. Ivanov // Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie. – 1999. – №1. – S. 9-16.
37. Malich, K.N. Model'nyy Re-Os-vozrast platinoidnoy mineralizatsii Gulinskogo massiva (sever Sibirskoy platformy, Rossiya) // Geologiya rudnykh mestorozhdeniy. – 1999. – №2. – S. 143-153.
38. Krivtsov, A.I. Komplekt kart ekzogennykh zolotonosnosti i platinonosnosti Rossii // Otechestvennaya geologiya. – 1998. – №3. – S. 3-8.
39. Tektonika, geodinamika i metallogeniya territorii Respubliki Sakha (Yakutiya) // M.: Maik-Nauka-Interperiodika. – 2001. – 571 s.
40. Osnovnye tipy rudnykh formatsiy: Terminologicheskyy spravochnik // M.: Nauka. – 1984. – 316 s.
41. Dodin, D.A. Mineral'no-syr'evoy potentsial platinovykh metallov Rossii na poroge XXI veka / D.A. Dodin, L.V. Oganetsyan, N.M. Chernov // M.: Geoinformmark. – 1998. – 468 s.
42. O deyatelnosti Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk v 1997 godu // Novosibirsk: Izd-vo SO RAN. – 1998. – 160 s.
43. Geologiya, ekonomika, metody prognoza, poiskov, otsenki i razvedki mestorozhdeniy tverdykh poleznykh iskopaemykh. Platinovaya mineralizatsiya v intruzivnykh kompleksakh alyaskinskogo tipa: Ekspresinform. // M.: VIEMS. – 1990. – Vyp. 11. – S. 23-25.
44. Moiseenko, V.G. Platinonosnye formatsii Dal'nego Vostoka / V.G. Moiseenko, L.I. Stepanov // Doklady RAN. – 2003. – T. 390. – №5. – S. 651-653.
45. Kuz'min, A.V. Zolotodobyvayushchaya promyshlennost': prodolzhenie strukturnoy perestroyki / A.V. Kuz'min, A.G. Kasimov // Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie. – 2003. – №4-5. – S. 54-60.
46. Zimoglyadov, B.N. Zakonomernosti razmeshcheniya i kriterii poiskov drevnechetvertichnykh i sovremennykh rossypey platiny Noril'skogo rayona / B.N. Zimoglyadov, Yu.A. Gogin // IV Vsesoyuznoe soveshchanie po geologii rossypey: tez. dokl. – Kiev. – 1973. – S. 50-51.
47. Vakhromeev, S.A. Mestorozhdeniya poleznykh iskopaemykh // M.: Gosgeoltekhizdat. – 1961. – 463 s.
48. Zinchuk, N.N. Kory vyvetrivaniya i vtorichnye izmeneniya kimberlitov Sibirskoy platformy (v svyazi s problemoy poiskov i razrabotki almaznykh rossypey) // Novosibirsk: izd-vo Novosibirskogo universiteta. – 1994. – 240 s.
49. Pokrovskiy, B.G. Korovaya kontaminatsiya mantiynykh magm po dannym izotopnoy geokhimii // M.: Nauka. – 2000. – 228 s.
50. Ermolov, V.A. Kristallografiya, mineralogiya i geologiya kamnesamotsvetnogo syr'ya / V.A. Ermolov, V.A. Dunaev, V.V. Moseykin // M., 2003. – 407 s.
51. Kievlenko, E.Ya. Geologiya mestorozhdeniy podolochnykh kamney // M.: Nedra. – 1983. – 263 s.
52. Eremin, N.I. Nemetallicheskie poleznye iskopaemye // M.: izd-vo MGU. – 1991. – 284 s.
53. Belousov, V.D. Kontinental'nyy litogenez i rossypeobrazovanie v olovonosnykh rayonakh Yugo-Vostochnoy Azii / V.D. Belousov, A.A. Petrochenkov // Litologiya i poleznye iskopaemye. – 1978. – №1. – S. 99-102.



54. Boyko, T.F. Prognoz i poiski redkometal'nykh rossypanykh mestorozhdeniy // Razvedka i okhrana neдр. – 1993. – №3. – S. 29-32.
55. Skurskiy, M.D. Sayano-Baykalo-Stanovoy metallogenicheskiy poyas // Geologiya i geofizika. – 1993. – T. 34. – №7. – S. 53-59.
56. Burmin, Yu.A. Geokhimiya rudonosnykh kor vyvetrivaniya // M.: Nedra. – 1987. – 228 s.
57. Gur'yanov, V.A. Redkie metally i redkie zemli Ulkanskogo rudnogo rayona / V.A. Gur'yanov, M.V. Goroshko // Strategiya ispol'zovaniya i razvitiya mineral'no-syr'evoy bazy redkikh metallov v Rossii v XXI veke: tez. dokl. Mezhdunar. simp. 5-9 oktyabrya 1998 g. – M.: Ministerstvo prirodnnykh resursov. – 1998. – S. 57-59.
58. Kremenetskiy, A.A. Novyy geologo-promyshlennyy tip redkozemel'nykh rossypey // Razvedka i okhrana neдр. – 1993. – №3. – S. 15-19.
59. Krivenko, A.P. Resursy kvartsevogo peska v Zapadnoy Sibiri i perspektivy ikh osvoeniya / A.P. Krivenko, P.P. Kuznetsov // Geologicheskoe stroenie i poleznye iskopaemye zapadnoy chasti Altae-Sayanskoy skladchatoy oblasti: materialy nauch.-prakt. konf. – Kemerovo, Novokuznetsk. – 1999. – S. 242-244.
60. Promyshlennyye tipy mestorozhdeniy nemetallicheskiikh poleznykh iskopaemykh: Posobie dlya laboratornykh zanyatiy / I. F. Romanovich, A.V. Koplus, I.N. Timofeev [i dr.] // M.: Nedra. – 1982. – 206 s.
61. Trofimov, V.S. Drevnie rossypi yantarya Pribaltiki i Ukrainy // IV Vsesoyuznoe soveshchanie po geologii rossypey: tez. dokl. – Kiev, 1973. – S. 12-13.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2021 The Authors. Published by T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Information about the authors

Mikhail D. Skurskiy, Dr.Sc. (Geology and Mineralogy), Professor
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University
Russian Federation, Kemerovo region – Kuzbass, 650000, Kemerovo, 28 Vesennyyaya st.
Transbaikal State University
Russian Federation, Chita region, 672039, Chita, 30 Alexandro-Zavodslaya st.
e-mail: skurskiy@kuzstu.ru

Ramila A. Veits, senior lecturer
e-mail: veytsra@kuzstu.ru

Anna A. Voznaya, Ph.D. (Geology and Mineralogy), Associate Professor
e-mail: vaa.geo@kuzstu.ru

Galiya I. Griбанова, senior lecturer
e-mail: ggi.geo@kuzstu.ru

Natalya N. Kizhaeva, senior lecturer
e-mail: kizhaevann@kuzstu.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University
Russian Federation, Kemerovo region – Kuzbass, 650000, Kemerovo, 28 Vesennyyaya st.