

С. И. ГУРВИЧ

# Закономерности размещения редкометалльных и оловоносных россыпей



С. И. ГУРВИЧ

ЗАКОНОМЕРНОСТИ  
РАЗМЕЩЕНИЯ  
РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ  
И ОЛОВОНОСНЫХ  
РОССЫПЕЙ

2481



МОСКВА «НЕДРА» 1978

Гурвич С. И. Закономерности размещения редкометалльных и оловоносных россыпей. М., «Недра», 1978, 227 с.

В книге рассмотрены генетические типы россыпей циркона, касситерита, танталита и других редкометалльных минералов. Охарактеризованы геологические предпосылки образования редкометалльных и оловоносных россыпей в связи с определенными формационными типами коренных источников. Приведен детальный анализ условий формирования и закономерностей размещения россыпей в пределах различных структур и ландшафтов. В зависимости от палеогеографической обстановки и геологических особенностей конкретных регионов выделены основные эпохи формирования продуктивных отложений. Рассмотрены условия высвобождения и транспортировки редкометалльных минералов и касситерита в зависимости от характера морфолитогенеза. Особое внимание уделено критериям поисков и перспективам выявления древних прибрежно-морских и континентальных россыпей в пределах отдельных подвижных и платформенных областей территории СССР.

Книга, рассчитана на широкий круг геологов, занимающихся геологической съемкой, поисками и оценкой россыпей цветных и редких металлов.

Табл. 8, ил. 46, список лит. — 163 назв.

В мировой добыче некоторых видов минерального сырья россыпи занимают господствующее положение, представляя экономически наиболее эффективные источники их освоения, так как создание на их базе горнодобывающих предприятий обычно не требует больших капитальных затрат. При этом особое значение принадлежит россыпям олова и редких металлов (минералам тантала, ниобия, циркония, редких земель и др.), на долю которых приходится 70—80% поставляемых на мировой рынок соответствующих концентратов.

Россыпные месторождения на протяжении многих десятилетий требовали внимания в отношении их освоения, но не выдвигали особых геологических проблем в отношении их поисков и оценки, поскольку подавляющее большинство ранее выявленных россыпей приурочено к элементам современной речной сети.

Многие из них к настоящему времени не только хорошо изучены, но и уже в значительной мере отработаны. В связи с этим в последние годы резко возрос интерес к древним россыпям, методы выявления и эффективные пути оценки которых остаются пока недостаточно разработанными. Это вызвало необходимость проведения широких геологических исследований, включающих детальное изучение стратиграфии и литологии континентальных и прибрежно-морских отложений, палеогеографических и морфоструктурных условий развития рельефа и процессов россыпеобразования. Результаты таких исследований, проведенных коллективами многих геологоразведочных и научно-исследовательских организаций, позволили выявить в ряде регионов СССР погребенные россыпи редких элементов и олова в отложениях широкого возрастного диапазона. Определились не только принципиально новые площади, но и целые провинции развития древних россыпей. Одновременно наметились основные закономерности размещения таких россыпей в районах с различным геолого-геоморфологическим развитием и установлено важное значение определенных процессов континентального литогенеза, в частности кор химического выветривания, в формировании россыпей.

Целью предлагаемой работы является ознакомление широкого круга геологов с особенностями формирования и критериями выявления редкометальных и оловоносных, в первую очередь древних россыпей в различных провинциях СССР. При этом изложение материала подчинено двум основным группам россыпей, прин-

ципально отличающимся по источникам питания и условиям формирования. К одной из них — аллохтонной (региональной) отнесены россыпи циркона, редкоземельных и титановых минералов, формирование которых связано с продуктивными формациями региональных кор химического выветривания с переменным количеством устойчивых минералов. При последующей транспортировке и многократном переотложении эти минералы образуют комплексные россыпи на значительном удалении (десятки, сотни километров) от исходных источников питания, которыми являются практически любые комплексы магматических, метаморфических и осадочных пород. К другой — автохтонной (локальной) группе отнесены россыпи касситерита, танталониобиевых и вольфрамовых минералов. Эти полезные компоненты не способны к длительной транспортировке, в связи с чем образуют россыпи вблизи локальных источников питания определенных формационных типов.

В отличие от зарубежных стран субэкваториальной зоны, где современная климатическая обстановка способствует развитию кор химического выветривания, на территории СССР основные перспективы выявления россыпей связаны с корообразованием в предшествующие геологические периоды. Это положение полностью относится как к континентальным, так и прибрежно-морским россыпям, что было отчетливо подчеркнуто многими исследователями на Всесоюзных совещаниях по геологии россыпей, проведенных Научным Советом по рудообразованию АН СССР в последние годы.

# ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

## ГРУППА РОССЫПЕЙ ЦИРКОНА, РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ И ТИТАНОВЫХ МИНЕРАЛОВ

---

### Глава I

#### РОССЫПИ РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ И ЕЕ ГЕОСИНКЛИНАЛЬНОГО ОБРАМЛЕНИЯ

Широкие поисковые работы последних лет привели к открытию многочисленных россыпей в европейской части страны, отличающейся наиболее благоприятными географо-экономическими условиями для эффективного освоения различных видов минерального сырья.

Результаты этих работ, проводившихся коллективами многих геологоразведочных и научно-исследовательских организаций, показали, что Русская платформа является крупнейшей провинцией развития комплексных редкометалльно-титановых россыпей. Они характеризуются целым рядом особенностей строения и размещения. Особая роль среди них принадлежит древним россыпям, образовавшимся в прибрежных зонах морей и озер в предшествующие геологические эпохи.

#### 1. Отличительные особенности строения и закономерности размещения россыпей

Россыпи этой группы (аллохтонные, региональные) сформированы за счет размыва и переотложения материала площадных (региональных) кор химического выветривания и отличаются комплексным составом, мелким размером рудных минералов, значительным удалением от источников питания и другими особенностями, что в определенной степени противопоставляет их локальным (автохтонным) россыпям цветных и редких металлов\*. Это, в свою очередь, вызывает необходимость применения специфических методов их прогнозирования, поисков и оценки.

Площади распространения продуктивных отложений измеряются обычно сотнями и тысячами квадратных километров и характеризуются широким возрастным диапазоном — от докембрия до неогена.

---

\* Собственно титановые (ильменитовые и рутиловые) россыпи, формирующиеся вблизи локальных источников и не содержащие в повышенных концентрациях редкометалльные минералы, в работе не рассматриваются.

Последовательная реконструкция особенностей геологического развития Русской платформы, проведенная группой исследователей под руководством А. П. Виноградова, В. Д. Наливкина, А. Б. Ронова и В. Е. Хаина («Атлас...», 1962), позволяет выделить ряд ведущих геологических периодов, наиболее благоприятных для образования россыпей.

### *Докембрий*

В позднем докембрии (сердобская и каратауская серии) морской бассейн располагался в пределах геосинклинального обрамления Русской платформы, покрывая краевые ее части и проникая в область Московской впадины. Отложения этого времени представлены осадками мелкого моря — глинами, кварцевыми, реже аркозовыми песками и песчаниками. Характерна красноцветность отложений.

К каратаускому времени Русская платформа, по мнению Б. С. Соколова и др. («Атлас...», 1962), представляла собой сушу, расчлененную неглубокими (до 300—500 м) прогибами на три части — Балтийский, Украинско-Воронежский и Волго-Камский щиты, которые служили областями размыва.

В вендское время впервые четко оконтурилась обширная Московская синеклиза, занимавшая центральную часть платформы; с северо-востока ее окаймляла Тимано-Печорская горная страна, явившаяся новой областью размыва. Этот период в фациальном отношении характеризуется большим разнообразием отложений, но преобладают мелководные терригенные осадки.

Формирование комплексов редкометалльно-титановых россыпей происходило в геосинклинальном обрамлении платформы. По данным В. М. Чайки («Закономерности...», 1960), наиболее интересные россыпи установлены в рифейской метаморфической толще Башкирского антиклинория, где они залегают в нижней части песчано-сланцевой (каратауской) серии и представляют собой песчаники характерных розово-красных и коричневых тонов, обогащенные рудными минералами (титаномагнетит, циркон, лейкоксен и др.) в виде шлиховых прослоек мощностью от долей миллиметра до 5—10 см.

Регрессивный характер рифейской толщи, содержащей карбонатные отложения в нижней части разреза и песчано-сланцевые — в верхней, наряду с особенностями ее минерального состава, достаточно ясно свидетельствует о формировании этих россыпей в основном за счет размыва коры химического выветривания пород допалеозойского фундамента Русской платформы.

### *Палеозой*

Кембрий. В течение кембрия происходило прогрессирующее общее поднятие платформы. Начало периода (балтийское время) характеризуется расширением восточных континентальных мас-

сивов, позднее объединившихся в единый Сарматский щит, включавший также основную часть Урала.

В среднем и верхнем кембрии Русская платформа представляла собой единый континентальный массив с широтным внутренним морем — заливом, в котором осадки сохраняли существенно терригенный, мелководный характер, благоприятный для формирования россыпей.

Ордовик — силур. В ранне- и среднеордовикское время план распределения суши и моря на Русской платформе в общих чертах сохранялся.

На протяжении всего силурийского периода, по мнению Б. С. Соколова и др. («Атлас...», 1962), происходил неуклонный рост Балто-Сарматского материка; море сохранялось лишь на юго-западе (Предкарпатский прогиб) и на Урале, где наиболее интенсивное осадконакопление происходило в узких зонах активного прогибания.

Накопление осадков в нижнем палеозое происходило в условиях аридного климата (Страхов, 1960). В образованиях нижнего палеозоя известны лишь единичные находки повышенных концентраций циркона и титановых минералов. В частности, на юго-восточном склоне Балтийского щита (на глубине 130 м) установлено высокое содержание циркона в ассоциации с ильменитом и рутилом, при соотношении между этими минералами 10:3:1.

Учитывая, что исследованиям нижнепалеозойских отложений платформы не уделялось достаточного внимания, факт установления здесь высоких концентраций циркона и титановых минералов представляет несомненный интерес.

Девон. Раннедевонское время проходило без существенных изменений в распределении суши и моря. Аридный климат захватывал значительную часть платформы — до Норвегии на севере и бассейна р. Камы на востоке («Атлас...», 1962).

В среднем девоне — нижнем карбоне тектонический режим претерпел резкие изменения. Поднятия, преобладавшие в поздне-эйфельское время, сменились опусканиями, сопровождавшимися широкой трансгрессией моря, проникшего в область Московской синеклизы, открывшейся к востоку. Этот морской бассейн отделил Балтийский щит от южной части платформы, которая возникшими раннедевонской Львовской впадиной и Днепровско-Донецким грабенообразным прогибом расчленилась на Украинский щит, Белорусский и Воронежский своды (рис. 1). Средний и верхний отделы девона характеризовались многократной сменой условий осадконакопления и климата, в связи с чем они сохранили индивидуальные палеогеографические черты формирования и размещения редкометально-титановых россыпей, которые более широко развиты в эйфельских и живетских отложениях среднего девона (Гурвич, Казаринов, Хмара, 1964).

Отложения эйфельского яруса в центральной и западной частях Русской платформы представлены преимущественно пестроцветной формацией. В иной обстановке формировались осадки

на востоке платформы, которая была затоплена морем. Это вызвало увлажнение климата и способствовало развитию кор химического выветривания на участках прилегающей суши (Татарский и Башкирский своды, Тиман).

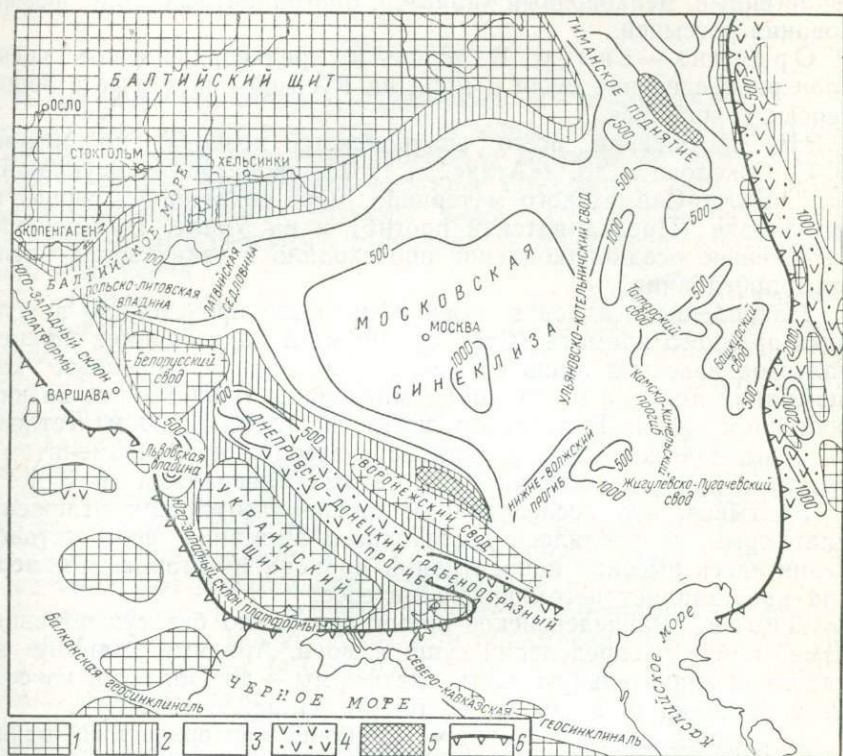


Рис. 1. Схема размещения продуктивных отложений среднего девона (палеотектоническая основа по С. М. Домрачеву, В. Н. Тихому и др.).

1 — области поднятия; 2 — области слабых поднятий, перемежающихся с опусканиями; 3 — области опускания; мощности осадков указаны горизонталями (в м); 4 — районы вулканической деятельности; 5 — площади развития продуктивных отложений; 6 — граница Русской платформы и обрамляющих ее геосинклиналией

Наиболее благоприятные условия формирования продуктивных отложений существовали на Тимане (Сушон, 1963). Россыпи приурочены здесь к центральной части пологой брахантиклинали и связаны с древней (эйфель-живетской) прибрежно-морской толщей, образовавшейся за счет перемыва сланцев и вулканогенных образований.

Повышенные концентрации лейкоксена и сопутствующих рудных минералов приурочены к песчаникам, являющимся одновременно нефтеносными. Выделяется пять пластов, из которых больший интерес представляет третий пласт значительной мощности.

В нем, в свою очередь, выделяются три рудных горизонта, среди которых ведущее значение приобретает нижний, условно подразделяющийся на три пачки (рис. 2).

Детальные исследования генезиса продуктивных отложений проводили А. Р. Сушон (1963), О. С. Кочетков («Геология россыпей», 1965) и другие, которые следующим образом характеризуют принципиальную схему формирования россыпей этого района.

Длительный континентальный режим, существовавший на Тимане в нижнепалеозойское время в условиях влажного тропического климата, способствовал химическому выветриванию рифейских пород, послуживших материалом для образования продуктивных отложений. При этом Ярегская впадина служила областью седиментации еще в нижнем девоне.

Прогибание юго-восточной части Тимано-Печорской области в среднем девоне вызвало трансгрессию эйфельского моря на Тиман, в частности в пределы рассматриваемого района. Достигнув при своем продвижении Ухтинского района, эйфельское море соединилось нешироким проливом с Ярегским водоемом, превратив его, таким образом, в «бухту» эйфельского моря.

Понизившийся в связи с прогибанием юго-восточной части Тимано-Печорской области базис эрозии вызвал усиление эродирующей деятельности водных потоков. Наряду с осаднением грубозернистого материала накапливались и пелитовые частицы, благодаря чему продуктивные отложения отличаются значительной глинистостью. Помимо основной массы терригенного материала, поступавшего с северо-запада, дополнительное питание бассейна происходило за счет поднятий сланцевого фундамента, окружавших Ярегскую впадину с запада, юга и востока.

Вместе с кластогенным материалом в бассейн поступали титановые минералы и циркон. Основной титановый минерал — лейкоксен с преобладающим размером зерен  $0,8+0,2$  мм концент-

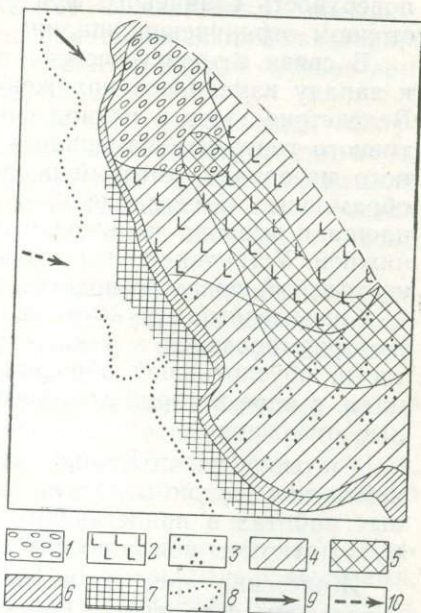


Рис. 2. Схематическая литолого-фациальная карта нижней пачки продуктивного пласта среднего девона (по А. Р. Сушону).

1 — зона лейкоксен-кварцевых конгломератов и гравелитов; 2 — зона лейкоксен-кварцевых разнозернистых песчаников со значительным участием гравийного, грубо- и крупнозернистого песчаного материала; 3 — зона разнозернистых лейкоксен-кварцевых песчаников; 4 — периферийная зона впадины; 5 — центральная зона максимального погружения древнего рельефа; 6 — зона склона выступа; 7 — зона выступа; 8 — линия нулевой мощности пласта; 9 — направление основного сноса терригенного материала; 10 — направление дополнительного сноса терригенного материала

рировался преимущественно в средне- и крупнозернистых осадках. Зерна циркона размером менее 0,1 мм накапливались в основном в мелкозернистых отложениях.

В начальный период формирования продуктивного горизонта, по мнению А. Р. Сушона (1963), уровень вод бассейна превысил поверхность сланцевого фундамента на восточном и северо-восточном ограничении впадины.

В связи с трансгрессией и продвижением береговой линии к западу изменилось положение устья основной речной артерии. Вследствие этого в период формирования средней части продуктивного горизонта изменилось и направление привноса терригенного материала, который поступал преимущественно с западного обрамления. Отступление моря с западной части рассматриваемой площади вызвало значительный размыв средней пачки и частично нижней. Установившийся затем в течение живетского века континентальный режим господствовал на обширной площади.

Современный структурный план рассматриваемой части Тимана сформировался в заключительные фазы герцинской складчатости, обусловившей образование Ухто-Ижемской брахиантиклинали, в ядре которой локализованы интересующие нас продуктивные отложения.

Учитывая значительный размыв рифейского метаморфического комплекса, можно полагать, что при дальнейших геологопоисковых работах в прилегающих районах, в эйфельских отложениях будут открыты новые россыпи.

Живетский ярус по площади распространения на платформе в основном совпадает с контурами развития осадков эйфельского века. Осадконакопление в живетский век происходило в условиях продолжающегося увлажнения климата. На большей площади платформы установился влажный тропический или субтропический климат за исключением западной части, по-прежнему находившейся в пределах аридного пояса, ареал которого полукольцом огибал гумидную равнину.

В районе Воронежского массива живетский ярус венчается своеобразной вулканогенно-осадочной толщей, выделенной Б. Н. Одокием в ястребовский горизонт, к которому приурочена россыпь ильменита. В пределах отдельных ее участков наиболее высоким выходом тяжелой фракции, в которой преобладают ильменит и магнетит, характеризуются туффиты.

Четкая приуроченность высоких содержаний ильменита к площадям развития вулканогенных пород на участках предполагаемых центров вулканической деятельности и резкое снижение его содержаний в окружающей осадочной толще свидетельствуют о локальном источнике россыпи, в связи с чем редкометалльные минералы, а также лейкоксен и рутил содержатся в ней практически в ничтожных концентрациях.

Отложения верхнего девона — франского и фаменского ярусов распространены на платформе более широко по сравнению с дру-

гими образованиями девона и на ряде площадей представляют значительный интерес.

В центральной части и на востоке платформы осадки франского яруса (нижнешигровский горизонт) формировались в мелководном эпиконтинентальном море, соединявшемся на юге с открытым морским бассейном. Наиболее перспективные прибрежные фации нижнешигровского бассейна окаймляют Ульяновский выступ и Воронежскую антеклизу, локализуя в ряде случаев комплексные россыпи (Гурвич, Болотов, 1968).

В частности, одна из россыпей залегает в мамонских слоях, являющихся продуктом переотложения коры выветривания пород эффузивно-осадочного комплекса живетского яруса и кристаллического основания. Пласт представлен кварцевыми песчаниками, суммарная продуктивная мощность которых составляет около 15 м при значительной протяженности.

Следует подчеркнуть, что наиболее высокие концентрации ильменита установлены на тех участках, где породы нижнешигровского горизонта непосредственно залегают с размывом на ястребовских эффузивно-осадочных образованиях.

Определенный интерес представляют также кварцевые песчаники вышележащего петинского горизонта, отвечающего трансгрессивной серии, которая, по мнению М. И. Толстихиной (1953 г.), образовалась за счет размыва и переотложения древней коры выветривания осадочных пород.

Таким образом, в живетское и раннефранское время осадконакопление протекало с краткими континентальными перерывами, что создало благоприятные условия для накопления комплексных редкометалльно-титановых россыпей. Однако при оценке перспектив следует учитывать, что девонские отложения на ряде площадей залегают на значительной глубине. На дневную поверхность они выходят в северо-западной и центральной частях платформы, обнажаясь также в Подолни, на Волини и Тимане, где и следует сконцентрировать поисково-ревизионные и научно-исследовательские работы на комплексные россыпи девонской эпохи россыпеобразования.

**Карбон.** Первая половина каменноугольного времени — от турнейского до московского века — характеризуется неустойчивым тектоническим режимом, который относительно стабилизировался к концу карбона.

В турнейское время Балтийский, Украинский щиты и Воронежский свод с хорошо развитыми корами выветривания являлись основными областями, питавшими прилегающие бассейны терригенным материалом, отложения которого сохранились в Подмосковном бассейне, Днепровско-Донецкой и Львовской впадинах и в восточной части платформы.

Визейский ярус занимает те же площади, что и турнейский, с несколько более широким распространением в Московской синеклизе. На значительной части платформы в это время господствовал гумидный климат. Входящие в состав визейского яруса от-

ложения бобриковского и тульского горизонтов (часто объединяемые под названием яснопольского подъяруса) представлены в основном песчано-глинистыми угленосными осадками, накопившимися в условиях прибрежной равнины, временами затоплявшейся морем. Особенностью тяжелой фракции этих отложений является преобладание циркона над рутилом и ильменитом, при характерном их соотношении 4 : 0,5 : 1.

Известно около 30 пунктов с повышенным содержанием циркона и титановых минералов, суммарная концентрация которых иногда достигает десятков килограммов на 1 м<sup>3</sup>.

В центральных районах платформы отмечается характерная приуроченность большинства выявленных нижекарбонатовых россыпей к обрамлениям положительных структур II и III порядков, что наиболее отчетливо выражено в пределах Труфаново-Павелецкой зоны поднятий.

В среднем и верхнем карбоне продуктивные осадки накапливались только в Днепровско-Донецкой и Львовской впадинах, разобщенных в это время единым поднятием Украинского и Балтийского щитов. Для них характерна хорошая отсортированность, полосчатая, тонкослоистая текстура, слабая степень окатанности обломков и почти полное отсутствие глинистого цемента. Судя по этим особенностям, образование происходило в условиях пляжевых отмелей неглубокой морской лагуны или подводной части дельты, благоприятных для россыпеобразования. По мнению М. Л. Левенштейна (1959 г.) и Я. П. Маловицкого (1960 г.), терригенный материал сноился с Азовского выступа, по кристаллическим породам которого в условиях гумидного климата формировалась кора химического выветривания.

Небольшие россыпи известны пока только в метаморфизованных песчаниках среднего и верхнего карбона юго-восточной части Большого Донбасса (Вадимов и др., 1964).

Пермь. В течение всей перми Русская платформа, по мнению В. Д. Наливкина и Н. И. Форш («Атлас...», 1962), испытывала прогрессирующее воздымание и регрессию морского бассейна, прерванную небольшой по масштабам трансгрессией, начавшейся в казанском веке. На большей части территории существовал континентальный режим.

На основании сведений по палеогеографии и общей геологической обстановке, существовавшей в перми, можно ожидать присутствия продуктивных отложений в северных районах платформы, где уже известны участки с повышенным содержанием циркона, ильменита и рутила.

#### *Мезозой*

Мезозойская эра отличалась весьма благоприятными условиями для формирования россыпей, особенно в послетриасовое время. В триасе на платформе господствовали континентальные условия. Море сохранялось лишь в геосинклинальной области Карпат и Кавказа, где отлагались в основном карбонатные осадки.

Юра. Восходящие движения в юрское время испытывали Балтийский щит, Белорусский свод и Украинский щит, представлявшие единый континентальный массив. Области сноса являлись также Воронежско-Ставропольский свод и Уральская антеклиза (рис. 3).

Для ранне-, средне- и позднеюрского времени характерны индивидуальные климатические и тектонические черты развития, а соответственно и условия формирования комплексных россыпей.

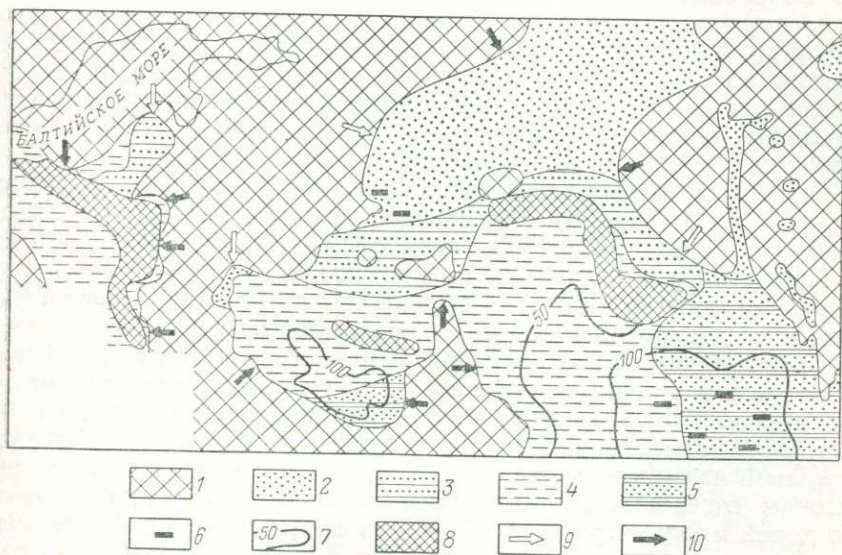


Рис. 3. Схема распространения перспективных отложений батского яруса средней юры (палеогеографическая основа по Н. Т. Сазонову и др.).

1 — горная и равнинная суша; 2 — равнинная суша, области осадконакопления; 3 — прибрежная равнина, временно заливавшаяся морем; 4 — мелкое море, терригенные осадки; 5 — засоленные бассейны, гипс, ангидриты, калийная и каменная соли; 6 — угли; 7 — изопахиты; 8 — площади развития продуктивных отложений; 9 — главные направления сноса обломочного материала; 10 — второстепенные направления сноса обломочного материала

В ранней юре на Русской платформе господствовал континентальный режим с аридным климатом. Позднее, в средней юре, в связи с опусканием южной части платформы, море охватило Днепровско-Донецкую впадину, западную половину Прикаспийского прогиба и Ульяновско-Саратовскую синеклизу. Аридный климат сменился субтропическим, что вызвало интенсивное развитие кор химического выветривания, продукты перемыва которых отлагались на протяжении байосского и батского веков.

Байосский ярус представлен фаунистически охарактеризованными песками, песчаниками и песчано-глинистыми осадками мелкой части шельфа, но ограниченно развитыми.

Более широкое распространение, особенно в центральной части платформы, получили батские отложения, отличающиеся хорошей сортировкой терригенного материала с образованием ряда комплексных россыпей.

Основными питающими провинциями батского бассейна были Предуралье и области, примыкавшие к Балтийскому щиту и Белорусскому массиву; дополнительный снос материала происходил с юго-восточной части Воронежской антеклизы и островов, обнажившихся в верховьях Дона и Оки, куда в мезозое переместилась ось Воронежской антеклизы (Смоленско-Тамбовский свод). Определенную роль в качестве источников питания играли, очевидно, и участки суши в приустьевой части Оки (Воротилковский выступ). Все это обусловило мелководный характер батского моря с развитием многочисленных проливов. Сортировка поступающего терригенного материала в таких благоприятных гидродинамических условиях обеспечила формирование комплексных россыпей.

Одна из таких россыпей известна в районе Токмовского свода (Гурвич, Болотов, 1968). Вмещающие ее батские отложения представлены тремя горизонтами пород общей мощностью 25—35 м.

Продуктивные отложения приурочены к среднему горизонту. Они однородны по строению, выдержаны по площади (прослеживаются на десятки километров) и представлены хорошо отмытыми тонко- и мелкозернистыми кварцевыми песками серого и светло-серого цвета с зеленым оттенком. Количество глинистого материала возрастает вниз по разрезу, а в плане увеличивается в юго-восточном направлении по мере углубления батского бассейна. В верхней части продуктивного горизонта пески отличаются более высоким содержанием тяжелых минералов, образующих тонкие (от долей миллиметра до 1—2 см), изогнутые, волнистые прослои естественного шлиха. Намечается четкая зависимость морфологии пласта от структуры участка. По мере приближения к сводовой части поднятий мощность пласта обычно уменьшается до 2—4 м при одновременном снижении содержаний полезных компонентов. На крыльях поднятий мощность увеличивается до 12—15 м, но усложняется строение пласта (обогащенные рудными минералами прослои (0,3—1 м) чередуются с бедными, в которых концентрация полезных компонентов снижается в 3—7 раз). Результаты исследований последнего времени, проведенные Г. И. Бломом, А. М. Болотовым, С. И. Гурвичем, В. О. Позняком, Г. М. Потапенко и др. (рис. 4), показали, что основная концентрация рудных минералов тяготеет к северо-восточным крыльям прогибов, образуя протяженные залежи, поверхность которых имеет уклон к юго-западу (8 м на 1 км). Такое строение пласта характерно для пляжевой зоны регрессирующего бассейна с донными течениями в проливах.

Минеральный состав россыпи довольно прост. Тяжелая фракция содержит (в %): циркона 6,0—18,0; рутила 3,0—5,2; ильменита 20,0—38,0 при среднем их соотношении 1:0,5:2,5. Сопутствующими минералами в россыпи являются хромит, эпидот, дистен, ставролит, турмалин гранат и другие. Изредка встречаются зо-

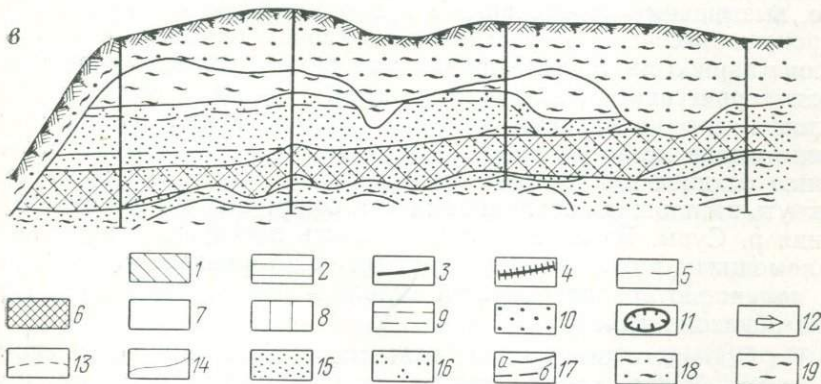
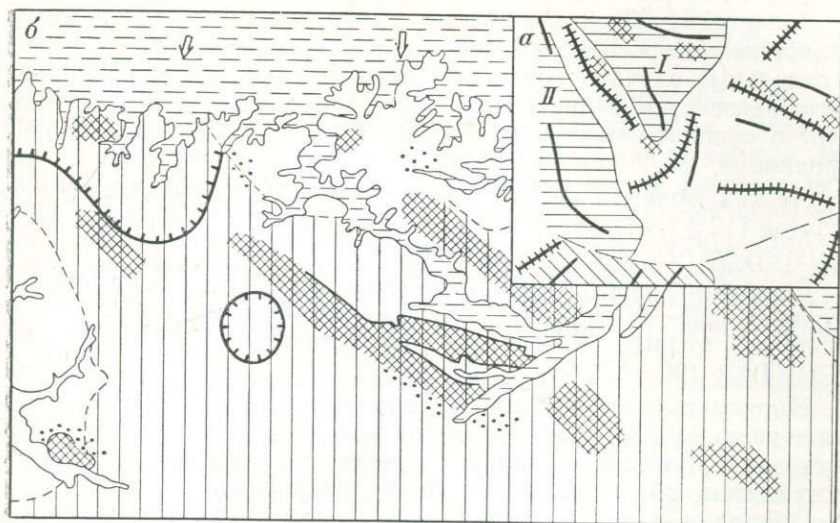


Рис. 4. Титано-циркониевая россыпь батского возраста.

а — схема тектонического районирования (по Н. Н. Синициной); 1 — область приподнятого залегания верхнекаменноугольных отложений; 2 — области приподнятого залегания нижнеказанских отложений (Армазаский-I и Ардатовский-II валы, по В. К. Соловьеву); 3 — осевые линии поднятий; 4 — осевые линии прогибов; 5 — южная граница распространения нижнеказанских отложений; 6 — продуктивный горизонт; б — план россыпи: 7 — батские прибрежно-морские песчаные отложения; 8 — батские песчано-глинистые отложения; 9 — верхнепермские континентальные глинисто-песчаные осадки; 10 — участки распространения батских песков с повышенной крупностью зерен; 11 — участки повышенной мощности батских отложений; 12 — направления основного привноса терригенного материала в батский бассейн; 13 — границы распространения фациальных разновидностей пород; 14 — контур эрозийного размыва батских отложений. в — разрез: 15 — песок мелкозернистый; 16 — песок разномзернистый; 17 — границы стратиграфические (а) и литологические (б); 18 — суглинки; 19 — глины

лото, корунд, барит, апатит, муассанит, роговая обманка, шпинель, биотит, силлиманит, пирит, марказит, мартит, псевдоморфозы лимонита по пириту, глауконит, фосфаты.

Значительную часть тяжелой фракции составляет хромит, содержание которого колеблется в широких пределах, превышая в отдельных случаях  $100 \text{ кг/м}^3$ . Такие высокие концентрации хромита неизвестны в других россыпях платформы, что свидетельствует о существовании в среднеюрское время особой питающей провинции.

Легкая фракция песков состоит из кварца (74%), полевых шпатов (12%), обломков кремнистых пород (5%), глинисто-слюдистых агрегатов (8%) и каолинита (1%).

Гранулометрический состав песков продуктивного пласта следующий: 0,25—0,1 мм от 15 до 35%; 0,1—0,05 мм от 50 до 80%. Основные рудные минералы сосредоточены в классе  $-0,1 + 0,043 \text{ мм}$  (90—100%).

Наряду с этой россыпью, приуроченной к юго-восточному окончанию Арзамасского вала, на юго-западном крыле Ардатовского вала также в нескольких пунктах установлены выходы батских песков, обогащенных рудными минералами.

Оба вала в батское время испытывали прерывистое воздымание, вызывавшее образование в прибрежной зоне мелководного морского бассейна полуостровов, островов, отмелей и кос, что в сочетании с многочисленными проливами и обильным поступлением терригенного материала создавало весьма благоприятные условия для накопления россыпей. По-видимому, подобные условия имели место не только в этом районе. Судя по распространению осадков прибрежной зоны батского моря, они могли возникнуть на площади современных истоков р. Сережи и нижнего течения р. Суры. Батские отложения здесь перекрыты в основном маломощным покровом четвертичных образований, а местами — не полностью эродированными отложениями верхней юры, главным образом келловея.

На Воронежском массиве, главным образом по его северо-восточному склону, проявления россыпей в песках батского яруса также установлены по обрамлению положительных структур второго и третьего порядков. При общем невысоком суммарном содержании рудных минералов в них преобладает циркон. Не менее существенной отличительной чертой этих россыпей является почти полное отсутствие хромита.

Из других районов Русской платформы наиболее благоприятными условиями для образования россыпей отличалась северо-восточная прибрежная часть эпиконтинентального батского моря, занимавшего Датско-Польский прогиб и Польско-Литовскую синеклизу, где обильное питание этого бассейна терригенным материалом происходило за счет размытия продуктов выветривания пород Балтийского и Украинского щитов и Белорусского свода, сохранявших длительную тенденцию к воздыманию. Наибольший

интерес в этих районах, очевидно, представляют регрессивные осадки второй половины батского века.

Верхнеюрские отложения распространены на платформе значительно шире, чем среднеюрские, поскольку в это время не были затоплены морем лишь Украинский и Балтийский щиты и Белорусский массив.

В Печорской, Московской, Ульяновско-Саратовской синеклизах и северной части Прикаспийской, находившихся в гумидном поясе, отложения верхней юры представлены фациями темных, местами битуминозных глин и глауконитовых песков с фосфоритами.

Учитывая широкое развитие на платформе доюрской коры выветривания, можно считать, что средне- и верхнеюрские отложения перспективны на широких площадях развития мелководных терригенных осадков, особенно в отдельных районах Московской, Прикаспийской и Польско-Литовской синеклиз (Гурвич, Казаринов, Хмара, 1964).

Мел. В начале мела развилась трансгрессия, продолжавшаяся с отдельными отступлениями до конца мелового периода и достигшая максимума в апте и альбе. Регрессивные движения проявились в конце валанжина — начале готерива, середине баррема, конце апта, начале альба. Начиная с кампана и в маастрихте, по мнению А. Б. Ронова, И. Г. Сазоновой и др. («Атлас...», 1962), эти тенденции развивались и завершились общей регрессией в датский век.

В меловой период на платформе преобладал умеренно теплый климат, сменившийся в южных районах жарким и засушливым. В течение раннего и среднего мела до сеномана включительно во внутриконтинентальных депрессиях накапливались мелководные терригенные породы — глауконитовые пески, фосфориты, глины. В позднем мелу усилилось прогибание в южных областях платформы.

Песчаные терригенные фации накапливались в краевых мелководных частях бассейна, что создавало весьма благоприятные условия для формирования россыпей, но продуктивность отложений отдельных ярусов весьма различна. В частности, заметное влияние на распределение фаций в мелководном валанжинском морском бассейне оказало Елецко-Ливненское поднятие, осложнявшее северо-восточный склон Воронежского массива. Вероятно, временами оно незначительно выступало над уровнем моря в виде довольно крупного острова, создавая условия для перемыва ранее отложившегося терригенного материала. Выявленные к настоящему времени россыпи прослежены вдоль северного и северо-восточного обрамления этого «острова». Для них характерно преобладание в тяжелой фракции ильменита. Лишь в одной россыпи установлено высокое содержание лейкоксена (до  $25 \text{ кг/м}^3$ ) при относительно низких концентрациях ильменита, циркона и рутила.

Несмотря на относительно ограниченное развитие отложений валанжинского яруса на платформе, наличие в них высоких концентраций полезных компонентов и благоприятный литологический

состав указывают на целесообразность более детального их изучения.

Готеривский и барремский ярусы распространены в Московской, Ульяновско-Саратовской и Прикаспийской синеклизах, а также в Днепровско-Донецкой и Польско-Литовской впадинах. Фациальный характер отложений этих ярусов благоприятен для формирования в них россыпей. Несмотря на то что эти образования, в частности тонкозернистые морские пески, развиты на значительных площадях, до сего времени в этом аспекте они практически не изучены.

Отложения аптского яруса распространены главным образом в южной половине центральной части платформы. Почти повсеместно они залегают на песчано-глинистых осадках готерив-баррема и лишь в бассейне р. Ведуги — на породах девона. В Среднем Поволжье аптские отложения имеют своеобразный минеральный состав, характеризующийся наличием в тяжелой фракции эпидота (20—40%).

На северо-восточном склоне Воронежского массива апт наиболее полно представлен в бассейне р. Ведуги. В разрезе апта выделяются три толщи: нижняя — гравелистых песков, средняя — огнеупорных глин и верхняя — мелкозернистых песков. В целом для этого района характерно развитие в нижней части разреза аптского яруса континентальных образований, в верхней — прибрежно-морских. К последним приурочены комплексные россыпи и многочисленные участки с повышенной концентрацией рудных минералов (Хожанинов, Беляев, 1969).

Одна из характерных россыпей находится в центральной части Московской синеклизы на северном склоне Клинско-Дмитровской гряды. Здесь в разрезе аптских отложений выделяется горизонт (2,9—10 м) мелкозернистых, хорошо отмытых и отсортированных слюдястых песков. Они содержат рудные минералы, равномерно рассеянные в породе и местами образующие тонкие (1—2 мм) прослои естественного шлиха. Аналогичная по условиям залегания россыпь приурочена к южному крылу Московской синеклизы (правобережье р. Верды).

Южнее, уже на северо-восточном крыле Воронежского массива (водораздел рек Дона и Воронежа) расположена другая россыпь, отличающаяся как по морфологии, так и по условиям залегания. Она представлена серией линзовидных пластов, залегающих кулисообразно на различных абсолютных отметках, разность которых достигает 30 м. Мощность отдельных линз варьирует от 0,5 до 9,8 м. Пласты с максимальной концентрацией рудных минералов приурочены к верхней части разреза аптских отложений. Тонкие прослои мощностью от нескольких миллиметров до первых десятков сантиметров естественного шлиха придают пескам полосчатую структуру и темно-серый цвет. Такие прослои, где концентрация рудных минералов достигает сотен килограммов на 1 м<sup>3</sup>, довольно отчетливо выделяются на общем однотонном светло-сером фоне вмещающих песков.

Близкая по морфологии россыпь известна в присводовой части северо-восточного склона Воронежского массива (правобережье р. Сосны).

Кроме перечисленных россыпей в отложениях аптского яруса зафиксированы многочисленные участки с повышенной концентрацией циркона, рутила и ильменита, развитые в основном на Средне-Русской возвышенности.

Отложения альбского яруса занимают в целом меньшую площадь, чем аптские. Наибольшей мощности (до 130 м) они достигают в зоне Ульяновско-Саратовской синеклизы.

Максимальная концентрация рудных минералов отмечается в песчаных отложениях, развитых по обрамлениям положительных структур Доно-Медведицких дислокаций, Линевского, Коробковско-го и других поднятий. В среднеальбское время эти поднятия, вероятно, выступали в виде островов или отмелей, что создавало благоприятные условия для хорошей сортировки обломочного материала. Продуктивные отложения представлены белыми и зеленовато-серыми мелкозернистыми кварцевыми песками с глауконитом, в которых скопления рудных минералов образуют тонкие (до 1 мм) шлиховые прослои. Соотношения циркона, рутила и ильменита в различных россыпях колеблется от 1:0,5:2,6 до 1:0,8:6.

Участки с повышенной концентрацией рудных минералов установлены также в песках среднего альба на восточном склоне Воронежского массива, где они приурочены к Добринскому поднятию и к другим положительным структурам, осложняющим склон массива. Мощность продуктивных песков колеблется от 2 до 9 м. В отличие от россыпей района Доно-Медведицких дислокаций здесь рутил преобладает над цирконом (1,5:1), вследствие усиления роли метаморфических пород как источников сноса.

Породы верхнеальбского подъяруса формировались в различной фациальной обстановке. В Московской и Ульяновской синеклизах, а также в Шиловско-Владимирском прогибе они отлагались в относительно глубоководных морских условиях, а в районе Доно-Медведицких дислокаций и на восточном склоне Воронежского массива — в мелководных. Положительные структуры Доно-Медведицких дислокаций временами являлись отмелями в мелководном бассейне, благодаря чему кластогенный материал подвергался лучшей сортировке.

Мелководные глауконитово-кварцевые пески верхнего альба весьма перспективны на выявление в них комплексных россыпей рассматриваемой группы также за пределами территории СССР в Польско-Литовской впадине.

Нижний мел (нерасчлененный) представлен континентальными образованиями, широко развитыми на Волини. Они залегают непосредственно на каолиновой коре выветривания кристаллического фундамента, сложенного габбро-лабрадоритами и гранитами. Сnivelированная поверхность фундамента, имеющая уклон в северо-восточном направлении, расчленена погребенными

долинами, выполненными аллювиальными продуктивными отложениями нижнего мела. Содержание ильменита в этих отложениях значительно выше, чем в более молодых, развитых на той же площади, потому что нижнемеловые россыпи тесно связаны с ильменитоносной корой выветривания габбро-лабрадоритовых массивов. Континентальные ильменитовые россыпи нижнего мела сформировались за счет локального источника— каолиновой коры выветривания габбро-лабрадоритовых пород. Поэтому концентрация в этих россыпях устойчивых рудных минералов (циркона, рутила и других), не характерных для таких источников питания, весьма низка и представляет лишь минералогический интерес. В связи с этим, несмотря на весьма благоприятные условия россыпеобразования на Волыни— наличие ильменитоносных габбро-лабрадоритовых массивов, мощной коры выветривания, благоприятное развитие гидросети в пределах источников питания, здесь отсутствуют комплексные редкометалльно-титановые россыпи рассматриваемой группы. Иными словами, здесь мы имеем автохтонные (локальные) мономинеральные россыпи.

Среди районов развития нижнемеловых отложений интересными с точки зрения возможности выявления комплексных редкометалльно-титановых россыпей являются дельтовые и мелководные осадки, известные в центральной части платформы. В частности, комплексные россыпи нижнего мела установлены в Подмоскovie, а повышенные содержания редкометалльных и титановых минералов наблюдаются непосредственно в черте Москвы (Теплый Стан) в песках апта. Здесь выделяется пласт мощностью до 2 м с суммарным содержанием ильменита, рутила и циркона  $17 \text{ кг/см}^3$ , приуроченный к предполагаемой береговой линии моря конца аптского века.

В целом с отложениями апта связаны типичные россыпи прибрежно-морских фаций, развитые в Центральных районах Русской платформы. Особой продуктивностью отличаются отложения верхнего мела, в частности сеноманского яруса.

Сеноманский ярус развит в Рязано-Саратовском прогибе, Московской, Ульяновско-Саратовской и Прикаспийской синеклизах на Воронежском и Белорусском массивах, в Днепровско-Донецкой впадине и на западном склоне Украинского щита. Он почти повсеместно представлен мелководными осадками, литологический состав которых довольно однороден, что свидетельствует об их формировании в условиях относительного тектонического покоя.

Наиболее широко продуктивные отложения развиты в Центральных районах платформы. Здесь терригенный материал поступал в сеноманское море, главным образом, с севера, где господствовал теплый, умеренно влажный климат, способствовавший развитию коры химического выветривания. Последующая эрозия частично захватила участки с недостаточно проработанной корой выветривания. В связи с этим в сеноманских песках присутствуют в повышенном количестве промежуточные и неустойчивые мине-

ралы — полевые шпаты (10—20%), эпидот (0,1—1%), гранат (0,1—0,5%) и слюды (0,5—1%).

Исключительно благоприятный гидродинамический режим сеноманского моря способствовал возникновению крупных россыпей. Наиболее интересная среди них расположена на стыке юго-западного склона Рязано-Саратовского прогиба и северо-восточного склона Воронежской антеклизы, детально изучавшаяся И. Е. Секретаревым, Г. И. Шалимовым и другими исследователями.

Нижний и средний горизонты сеномана сложены здесь глауконито-кварцевыми, глинистыми песками, залегающими на фосфоритоносных конгломератах. Суммарная мощность горизонтов варьирует от 3 до 60 м. Продуктивным является верхний горизонт (рис. 5), представленный светло-серыми и зеленовато-серыми кварцевыми, местами глинистыми песками с глауконитом и слюдой. В пределах всего разреза отмечаются прослой желваковых фосфоритов.

Основной пласт приурочен к верхней части разреза и прослеживается в меридиональном направлении вдоль береговой линии. Продуктивные пески тонко- и мелкозернистые. Основные полезные минералы — ильменит, рутил, циркон и кианит — распределены относительно равномерно как по мощности, так и по простиранию россыпи. Около 95% песка концентрируется в классах  $-0,25+0,06$  мм. Рудные минералы (80—90%) сосредоточены в классе  $-0,104+0,043$  мм. Крупный класс продуктивных песков (+2 мм) составляет 3,0%; он содержит фосфориты, представленные плотно сцементированными агрегатами, в которых цементом является коллофан (до 60—70%), содержащий около 17% фосфора.

Находки зубов акул и скатов, обилие брахиопод с твердой и ребристой раковиной указывают на прибрежные условия образования этих осадков, формировавшихся в зоне интенсивной гидродинамической активности.

Области развития прибрежно-морских фаций альбского и аптского веков в сеноманское время являлись сушей, за счет размыва которой накапливались песчаные отложения и полезные минералы в сеноманском бассейне. Основным структурным элементом, влияющим на характер и режим верхнемелового бассейна, служил восточный склон Орловско-Тамбовского свода, в сторону погружения которого углублялся и морской бассейн.

Размерность зерен полезных минералов, степень их отсортированности и окатанности свидетельствуют о неоднократном перемыве и переотложении материала. Первоисточником полезных минералов могла явиться кора выветривания восточного склона Воронежской антеклизы.

Есть и другая точка зрения на генезис этой россыпи, которая основана на следующих положениях. Начало сеноманского века ознаменовалось опусканием Белорусского и Воронежского массивов, а также Доно-Донецкого моста (рис. 6), в связи с чем Во-

ронезский массив оказался полностью перекрыт сеноманским морем и не мог быть областью сноса материала. Основная масса ильменита, рутила и значительная часть циркона сеноманской рос-

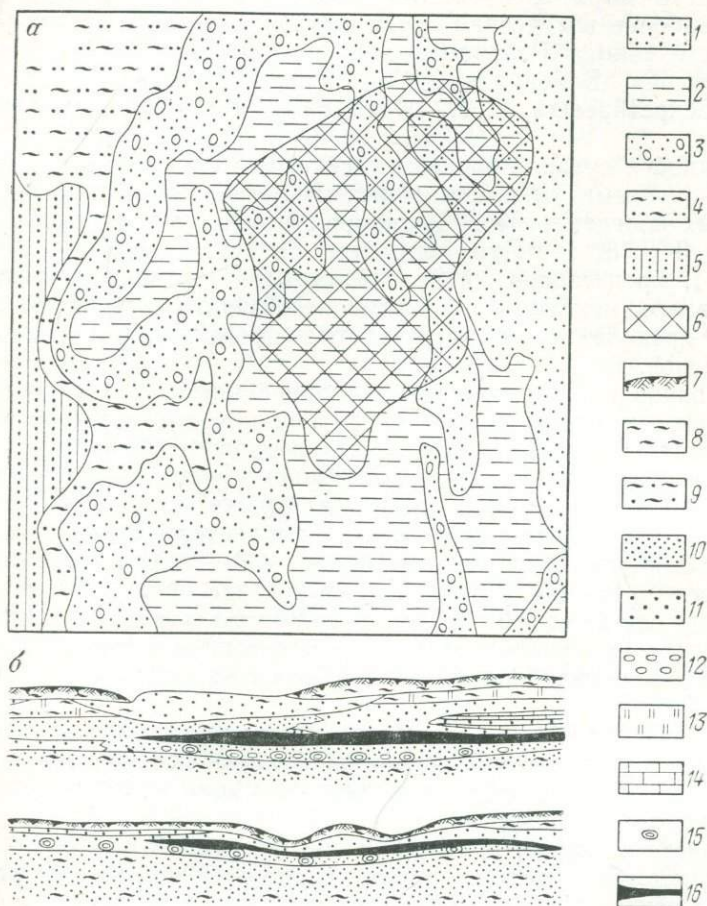


Рис. 5. Схематическая карта (а) и типовые разрезы россыпей (б) восточного склона Орловско-Тамбовского свода.

Саятонский ярус: 1 — верхний подъярус, пески с фосфоритами в основании; 2 — нижний подъярус, песчаники опоконидные, глауконитовые; сеноманский ярус: 3 — верхний подъярус, пески с фосфоритовыми горизонтиами; 4 — средний подъярус, пески глинистые; 5 — альбский ярус, пески, алевриты, глины; 6 — титано-циркониевая россыпь; 7 — почвенно-растительный слой; 8 — глина; 9 — песчаная глина, суглинок, глинистый песок; 10 — песок мелко- и среднезернистый; 11 — песок крупнозернистый; 12 — гравий; 13 — слюдистость; 14 — известняк; 15 — желваки фосфорита; 16 — продуктивный пласт

сыпи сосредоточена в классе  $-0,104+0,074$  мм. В аптских россыпях, развитых в прилегающих районах, ильменит преобладает в классе  $-0,074$  мм, а рутил и циркон в классе  $-0,061$  мм, т. е. размерность зерен рудных минералов аптских россыпей меньше

тех же минералов в россыпи сеноманского возраста. Следовательно, она не могла сформироваться за счет размыва и перетолжения россыпей аптского яруса Орловско-Тамбовского свода. Кроме того, в верхнем продуктивном горизонте сеномана совершенно отсутствует ставролит, являющийся постоянным минералом

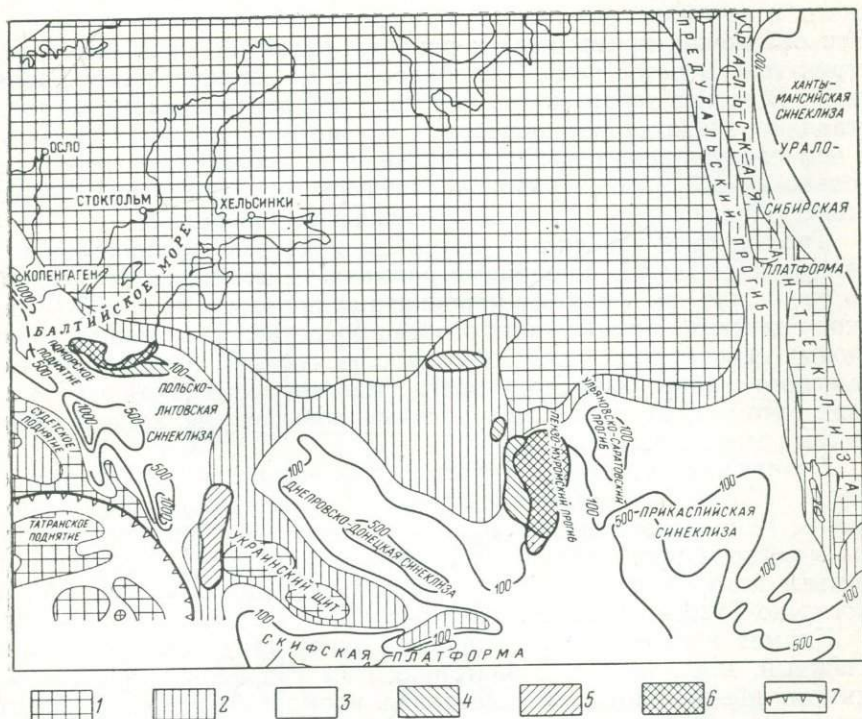


Рис. 6. Схема размещения продуктивных отложений сеноманского и сантонского ярусов верхнего мела (палеотектоническая основа по А. Б. Ронову и др.).

1 — области поднятий; 2 — области слабых поднятий, перемежающихся с опусканиями; 3 — области опусканий, мощности осадков (в м) указаны изолиниями; 4 — продуктивные отложения сеномана; 5 — продуктивные отложения сантона; 6 — области совмещения сеноманских и сантонских продуктивных отложений; 7 — граница Русской платформы и обрамляющих ее геосинклиналей

пород нижнего мела и юры (до 1,5% всей массы песков), практически нет хромита, в то время как в рассмотренной выше россыпи юрского возраста содержания его местами сопоставимы с концентрацией ильменита.

Более вероятно, что продуктивные пески сеномана образовались за счет продуктов коры выветривания, развившейся по осадкам перми северной части Русской платформы, бедных ставролитом и хромитом. Вместе с тем, кора выветривания была недостаточно хорошо проработана. В россыпях много эпидота и поле-

вых шпатов; количество последних в песках сеноманской россыпи достигает почти 15%.

К северу, в пределах сочленения Рязано-Саратовского прогиба и Московской синеклизы, прослеживается еще серия россыпей, весьма сходных по своему строению и минеральному составу.

Повышенная концентрация циркона, рутила и ильменита отмечена также в верхней части нерасчлененной толщи песков альбского и сеноманского ярусов в пределах Воронежского массива. Эти отложения приурочены к районам развития положительных структур — Березовскому, Истобинскому и Гостищевскому поднятиям. В целом терригенные мелководные осадки сеномана представляют значительный интерес на многих площадях в связи с чем следует рекомендовать проведение поисковых работ не только в центральных районах платформ, но также на юго-востоке (Предуралье) и западе (Балтийское побережье).

Туронский и коньякский ярусы по контурам распространения близко совпадают с площадями развития сеноманских отложений, но среди них преобладают карбонатные породы. Лишь в Московской синеклизе нижняя часть разреза представлена глинами с прослоями опоквидных глауконитовых песчаников, а в районе Волынского габбро-лабрадоритового массива — песчано-кремневым горизонтом, к которому приурочены повышенные концентрации рудных минералов.

Отложения сантонского яруса распространены на платформе менее широко, чем сеноманского. Они отсутствуют на западном склоне Украинского щита и на Белорусском массиве. Эти структуры в сантоне представляли собой единую сушу (см. рис. 6), подъем которой привел к разобщению Западно-Европейского и Восточно-Европейского морских бассейнов.

Климат в центральных районах платформы был умеренно влажный, море теплое, с благоприятным гидродинамическим режимом. Мелкообломочный материал поступал с Воротиловского выступа и Орловско-Тамбовского свода, перекрытых осадочными породами широкого возрастного диапазона — от пермского времени до коньякского века включительно. Перемыв ранее сформировавшихся осадков (верхнего горизонта сеноманского яруса) способствовал образованию целой серии комплексных россыпей циркона и титановых минералов в прибрежной зоне сантонского моря.

Типичным примером может служить россыпь, приуроченная к нижнесантонским отложениям, развитым в Рязано-Саратовском прогибе, осложненном Керенско-Чембарскими дислокациями. Положение продуктивного горизонта в разрезе кратко характеризует литолого-стратиграфическая колонка, приведенная на рис. 7 (Гурвич, Болотов, 1968). Наиболее высокие концентрации рудных минералов приурочены к верхней части разреза и постепенно снижаются от кровли пласта к почве. Контур россыпи образует фигуру неправильной формы, вытянутую вдоль береговой линии сантонского моря.

Отличительной особенностью россыпей, развитых на прилегающих площадях, является наличие в разрезе двух-трех продуктивных пластов (рис. 8), причем в отдельных случаях отмечается их смещение в плане.

Известны и другие россыпи, приуроченные к нижнесантонским отложениям, развитым по северо-западному и юго-восточному об-



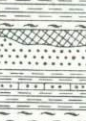
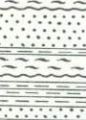

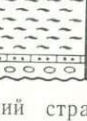
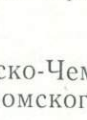
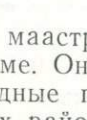
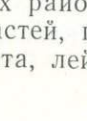
Система	Отдел	Ярус	Подъярус	Разрез	Мощность, м	Краткая характеристика пород
Чембартинская	D III-IV				9-30	Почвенно-растительный слой. Суглинок светло-бурый и темно-бурый с известковыми и железными стяжениями, с прослоями серого и серовато-желтого разнозернистого песка
					0-21	Песок серый, желтовато-зеленый кварцевый, глинистый, разнозернистый с галькой кремнистых песчаников. Глина красно-бурая, желтовато-коричневая с галькой и валунами
Меловая	Сантонский	Кампанский			1-75	Песок кварцево-глауконитовый, мелкозернистый, серый и зеленовато-серый с прослоями кварцево-глауконитового песчаника
					13-35	Песок кварцево-глауконитовый, мелкозернистый и среднезернистый светло-зеленый. Глина и алебрит темно-серые и черные
		Верхний			25-50	Песок кварцево-глауконитовый, светло- и темно-зеленый, мелко-, средне- и разнозернистый. Глина и алебрит черные с прослоями кварцевого песчаника. В верхней части песок обогащен рудными минералами
					4-30	Песок кварцевый, реже кварцево-глауконитовый, темно-, зеленый мелкозернистый, среднезернистый, разнозернистый. Глина и алебрит черные с прослоями кварцевого песчаника
		Средний			12-15	Алебрит светло-серый, черный, слюдястый, глинистый с прослоями мелкозернистого и разнозернистого кварцево-глауконитового песка
					4-20	Алебрит светло-серый, слюдястый с прослоями сильно глинистого кварцево-глауконитового песка. В основании - фосфоритовый горизонт
Нижний	Альбский	Верхний			12-15	Глина темно- и светло-серая. В основании залегает пласт песчаников с галькой фосфоритов

Рис. 7. Схематический стратиграфический разрез района развития россыпей сантонского возраста.

рамлению Керенско-Чембарских дислокаций, на юго-западном крыле Пензо-Муромского прогиба и в северной части Доно-Медведицкого вала.

Кампанский и маастрихтский ярусы менее широко распространены на платформе. Они сложены мелом и мелоподобными мергелями. Мелководные прибрежно-морские отложения развиты лишь в отдельных районах Пензенской (кампан) и Саратовской (маастрихт) областей, где установлены повышенные содержания циркона, ильменита, лейкоксена и рутила.

В целом благоприятная палеогеографическая обстановка поздне мелового времени, характерная для центральных и южных частей Русской платформы, способствовала локализации в при-

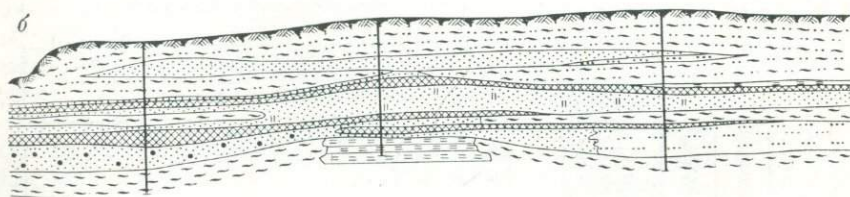
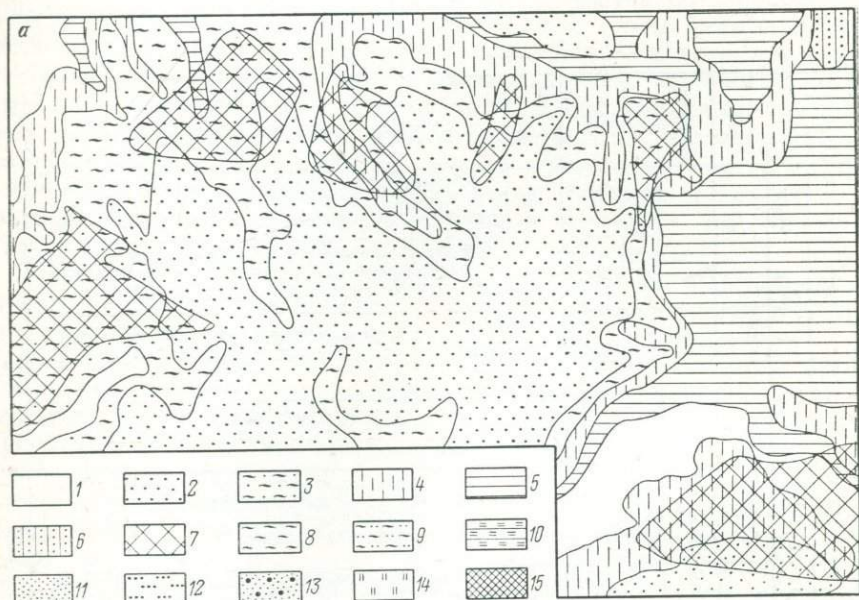


Рис. 8. Схема размещения (а) и типовой разрез (б) россыпей сантонского возраста в пределах Пензо-Муромского прогиба.

1 — четвертичные образования; 2 — кампанский ярус; сантонский ярус; 3 — верхний подъярус, 4 — нижний подъярус; 5 — сеноманский ярус; 6 — альбский ярус; 7 — титано-циркониевые россыпи; 8 — глины; 9 — суглинки и песчаные глины; 10 — алевриты; 11 — песок тонкозернистый и мелкозернистый; 12 — песок среднезернистый и разнородный; 13 — песок с галькой; 14 — слюистость; 15 — продуктивный пласт

брежно-морских отложениях многочисленных россыпей. Однако эффективное направление дальнейших работ в этих районах требует предварительного проведения детальных палеогеографических исследований.

Для различных периодов кайнозойской эры характерны индивидуальные палеогеографические условия россыпеобразования.

Палеоген. Отложения палеогена развиты лишь на юге платформы, так как после сокращения бассейна в датский век море сохранилось только в этих районах. Большая, северная часть платформы с конца мелового периода оставалась сушей.

Комплексные россыпи региональной группы известны во многих районах развития палеогеновых отложений, причем практически в пределах всего разреза, начиная с нижнесаратовской (камышинской) свиты палеоцена, чему способствовал устойчивый субтропический климат (Страхов, 1960). Одна из россыпей, приуроченная к отложениям нижнесаратовского яруса, прослеживается по естественным обнажениям в меридиональном направлении на протяжении около 20 км. Она залегает на размытой поверхности песчаников и алевролитов сызранской свиты. Пески мощностью 30—70 м мелкозернистые, кварцевые, с глауконитом, изредка глинистые. Пласт мощностью 2,6 м приурочен к средней части разреза, но залегает на разных гипсометрических отметках, что вызвано неотектоническими подвижками. Циркон, рутил и ильменит составляют 50—60% тяжелой фракции при соотношении 1:1,3:4. Продуктивные пески аналогичного облика и состава известны на юго-восточном крыле локального поднятия, входящего в систему Доно-Медведицкого вала, западнее которого отложения палеогена не распространялись.

Эоцен представлен на юго-востоке платформы верхнесаратовской и царицынской, а на юго-западе — каневской, бучакской и киевской свитами. Отложения эоцена более широко распространены в Днепровско-Донецкой впадине вследствие резкого расширения бассейна, который покрыл Воронежский массив и северо-восточный склон Украинского щита. В связи с такой палеогеографической обстановкой в эоцене перспективы отдельных районов различны.

Верхнесаратовская свита развита лишь в Ульяновско-Саратовской и Прикаспийской синеклизах. В результате проведенных здесь поисково-ревизионных работ установлены пока лишь мелкие россыпи.

Царицынская свита пользуется еще меньшим распространением, чем верхнесаратовская. Известные в Ульяновско-Сызранском Поволжье прибрежные фации на большинстве площадей эродированы. Проведенные в центральной части Ульяновско-Саратовского прогиба относительно детальные работы привели к выявлению лишь одной, небольшой по масштабам россыпи, в которой в значительных количествах присутствуют хромит, кианит и гранат.

Каневская и бучакская свиты развиты на Доно-Днепровском междуречье, где они представлены осадками области шельфа. В бассейне рек Дона и Хопра установлены лишь две небольшие

линзующиеся россыпи этого возраста, приуроченные к Хоперской моноклинали. Они вытянуты в северо-западном направлении, совпадающем с береговой зоной эоценового моря.

К бучакскому (?) возрасту В. И. Горошников и И. И. Сахачкий (1958 г.) относят также россыпи, развитые на южной окраине Донбасса, для которых характерно резкое преобладание в тяжелой фракции ильменита; лишь в малых весовых содержаниях присутствуют циркон и монацит.

Отложения киевской свиты развиты в Нижнем и Среднем Поволжье, в Днепровско-Донецкой и Польской впадинах, Предкавказье и других районах. Они представлены преимущественно глинистыми осадками, а песчаные фации сохранились только на севере КМА и в Припятском прогибе. Повышенные концентрации рудных минералов отмечены лишь в районе Яковлевского железорудного месторождения.

Олигоцен представлен харьковской и полтавской свитами, характеризующимися значительным разнообразием фаций, в связи с тем, что юг Русской платформы испытывал тенденцию к воздыманию.

Это вызвало своеобразные условия формирования россыпей в различных регионах, в частности по обрамлению северо-западной части Украинского щита. Здесь, несмотря на наличие богатых остаточных россыпей ильменита, отсутствуют аллохтонные россыпи. В связи с таким «противоречием» этот район представляет, по нашему мнению, определенный интерес (рис. 9). Массивы основных пород представлены линейно-вытянутыми телами протяженностью от сотен метров до нескольких километров, характеризующимися значительным разнообразием состава — от лабрадоритов до близких к ультраосновным полевошпатово-пироксенитовых и полевошпатово-оливиновых разностей.

Широким распространением пользуется кора выветривания, образованию которой способствовали относительный тектонический покой, пенеппенизированный характер древнего рельефа, незначительная эрозия и длительный период теплого, влажного климата. Возраст коры выветривания окончательно не установлен. Наблюдается ее перекрытие палеогеновыми осадками харьковской свиты, что дает основание считать возраст коры допалеогеновым. Мощность ее колеблется от 1—2 до 25—30 м. Иногда кора выветривания перекрыта палеогеновыми, преимущественно харьковскими глауконитсодержащими песками и суглинками, сохранившимися только в отрицательных формах погребенного рельефа. Поскольку в четвертичное время происходил площадной размыв более древних отложений, мы наблюдаем в основном реликты коры выветривания в виде элювиально-делювиальных россыпей ильменита. Одна из них прослежена выработками на значительное расстояние, и контур ее близко совпадает с площадью массива. Однако основные концентрации ильменита сосредоточены в узкой обогащенной полосе, протягивающейся вдоль западного контакта массива (см. рис. 9).

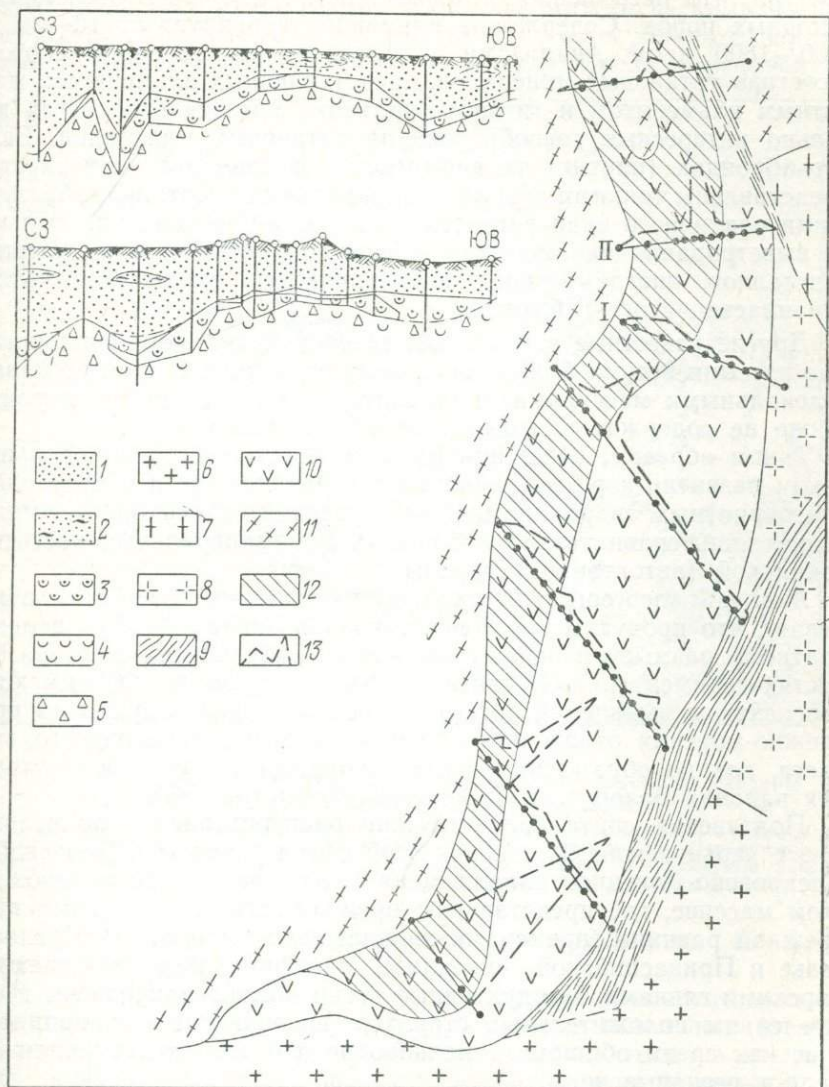


Рис. 9. Элювиальная россыпь ильменита.

1 — песок мелко- и крупнозернистый; 2 — суглинок и песок глинистый с глауконитом; 3 — каолин вторичный; 4 — каолин; 5 — дресва; 6 — гранит биотитовый мелко- и среднезернистый, порфиридовый (коростенский); 7 — гранит биотитовый крупнозернистый, пегматонидный; 8 — гранит биотитовый гнейсовидный местами грубо расланцованный, интенсивно катаклазированный, окварцованный и альбитизированный; 9 — сланцы актинолит-хлорит-биотитовые (возможно метаморфизованные основные породы); 10 — габбро-монциты, габбро-нориты, габбро-лабрадориты и габбро массивные, среднезернистые; 11 — мигматиты кировоградско-житомирских гранитов; 12 — рудная зона; 13 — среднее содержание ильменита (в условных единицах)

Распределение ильменита в коре выветривания весьма неравномерное как по мощности, так и по простираанию продуктивного контура, что несомненно отражает состав и степень обогащения исходных пород. Содержание ильменита варьирует от 10—20 до 1400—1800 кг/м<sup>3</sup>. Анализами установлено разнообразие свойств и состава титановых минералов, представленных альменитом, магнитным ильменитом и титаномагнетитом. Удастся проследить довольно интересные новообразования титановых минералов. Если в габброидах (плотик) титаномагнетит и ильменит повсеместно представлены тонкими зернами неправильных очертаний, образующими различного вида ветвистые (лапчатые) включения, то в коре выветривания наблюдаются преимущественно в виде крупных кристаллов, иногда четкого изометричного, толстотаблитчатого или пластинчатого габитуса.

Другие известные здесь элювиально-делювиальные ильменитовые россыпи весьма близки по своему строению. Все они связаны с локальными массивами ильменитоносных основных пород и также не содержат редкометалльных минералов.

Таким образом, даже при наличии богатых источников и широко развитии кор химического выветривания, но при отсутствии благоприятных гидродинамических условий, возможно формирование лишь сравнительно небольших мономинеральных россыпей локальной (автохтонной) группы.

Анализ палеогеографической обстановки этого района показывает, что продукты коры выветривания подвергались неоднократному размыву и переотложению в прилегающих с севера областях седиментации. В связи с этим в данном регионе имеются перспективы выявления россыпей региональной группы в прибрежно-морских отложениях преимущественно харьковского возраста, как по обрамлению Украинского щита, так и во внутренних районах Белоруссии («Закономерности...», 1960).

Полтавская свита более широко распространена по сравнению с харьковской. Отложения этой свиты развиты в Польской и Днепровско-Донецкой впадинах, на Украинском щите и Воронежском массиве, где представлены преимущественно осадками прибрежной равнины, временами заливавшейся морем. В Предкавказье и Прикаспийской синеклизе они фациально замещаются морскими глинами. Продуктивные пески обычно приурочены к обрамлениям положительных структур, поскольку на приподнятых участках среди обширного мелководного бассейна возникали отмели и песчаные косы.

Интересные россыпи установлены на северных склонах Украинского щита и Приазовского массива, в Днепровско-Донецкой впадине и южном склоне Воронежского массива (рис. 10). Более мелкие россыпи известны в сводовой части Воронежского массива и в ряде районов юга платформы.

В частности, по правобережью р. Сож, в песках полтавской свиты установлена россыпь, сохранившаяся от размыва в пределах водораздельных участков. Реликтовая мощность полтавских

отложений колеблется от 2 до 15 м. Пласт залегает непосредственно под четвертичными покровными суглинками и представлен мелкозернистыми кварцевыми слабо слюдястыми песками. В них присутствуют тонкие прослои (до 10 см) естественного шлиха. Мощность пласта колеблется от 0,3 до 2 м. Среди минералов тя-

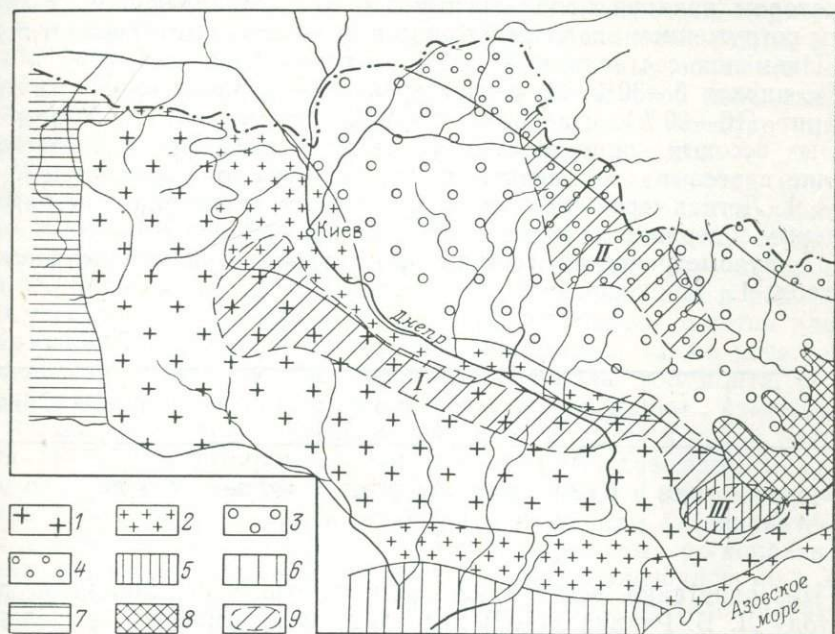


Рис. 10. Схема районов развития титано-циркониевых россыпей Украины (по С. Н. Цымбалу и Ю. А. Полканову, 1975).

1 — Украинский щит; 2 — склоны щита; 3 — Днепро-Донецкая впадина; 4 — юго-западный склон Воронежского массива; 5 — Конско-Яльнская впадина; 6 — Причерноморская впадина; 7 — Вольно-Подольская плита; 8 — Донецкий бассейн; 9 — россыпные районы; I — Среднеприднепровский, II — Днепро-Донецкий, III — Североприазовский

желой фракции ильменит составляет 40—50%, рутил 15—17%, циркон 6—19%.

В россыпи в бассейне р. Ведуги ведущим компонентом является циркон. Соотношение циркона, рутила и ильменита (с лейкоксомом) составляет 10:4:7. Россыпь практически не изучена, хотя продуктивный пласт залегает непосредственно у дневной поверхности и отличается высоким содержанием рудных минералов, особенно циркона.

Интересная группа россыпей известна на юго-восточном склоне Воронежского массива, где развиты отложения полтавской свиты мощностью 18—30 м. Они отличаются значительной пестротой состава и резкой фациальной изменчивостью.

В. К. Беляев («Геология россыпей», 1965), изучавший эти россыпи, отмечает, что они имеют форму линзообразных тел, вытя-

нутых в виде параллельных полос, при этом контуры пластов определяются лишь по данным опробования. Содержания полезных компонентов резко изменяются по мощности, увеличиваясь к верхам разреза, при относительно равномерном распределении в плане. Гипсометрическое положение россыпей довольно постоянно при некотором наклоне продуктивных пластов, совпадающем с общим погружением осадочной толщи в юго-восточном направлении.

Ильменит составляет 20—50% тяжелой фракции, рутил 15—20%, циркон 5—30%. Из сопутствующих минералов присутствуют кианит (10—20%), ставролит (5—20%), турмалин (2—5%) и в малых весовых концентрациях топаз и пикотит. Среднее соотношение в россыпях ильменита, рутила и циркона выражается как 6:3:1. Легкая фракция состоит в основном из кварца с незначительным содержанием полевых шпатов (0,5—1%).

Гранулометрический состав продуктивных песков отражен в табл. 1.

Таблица 1

Классы, мм	-2+1	-1+0,5	-0,5+0,25	-0,25+0,15	-0,15+0,10	-0,10+0,063	-0,063
Содержание, %	0,68	0,62	8,16	11,66	77,38	1,74	0,36

Интерпретация результатов гранулометрических анализов по методу Л. Б. Рухина (1962) позволила В. К. Беляеву выделить среди отложений полтавской свиты три типа осадков, различных по условиям формирования. Первые два с наименьшим размером зерен песка характеризуют прибрежно-морские условия седиментации с накоплением циркона и титановых минералов; третий тип осадков с более крупными зёрнами отвечает зоне морских течений, где повышенные содержания рудных минералов отмечаются только в хорошо отсортированных песках.

Специфика минерального состава россыпи (наличие в ней топаза и пикотита) позволила предположить, что основной питающей провинцией являлся Приазовский кристаллический массив с интенсивно проработанной корой химического выветривания. Размыв и переотложение терригенных пород мела и раннего палеогена явились, очевидно, дополнительными, но не главными источниками питания этих россыпей.

На северо-западном склоне Приазовского массива, обращенном к Конкско-Ялынской впадине, отделяющей этот массив от Днепровско-Бугского, расположена Мокро-Ялынская группа россыпей, детально описанная Н. М. Барановой, М. Ф. Векличем и др. («Закономерности размещения...», 1960). Отложения полтавской свиты мощностью от первых метров до 100—120 м залегают здесь на каолиновой коре выветривания кристаллических по-

род — гнейсов, мигматитов, щелочных гранитов, нефелиновых сиенитов и метасоматически измененных гранитов. Мощность коры выветривания местами достигает 30 м. Отложения свиты формировались в условиях аллювиальной равнины, временами заливавшейся морем, поэтому наблюдается чередование континентальных и прибрежно-морских отложений. При регрессии моря возникали лагуны, в которых накапливались каолиновые глины, а на заболоченных участках — бурые угли. В береговых зонах мелкого моря происходила сортировка продуктов каолиновой коры выветривания с образованием россыпей. Всего здесь известно пять площадей, в пределах которых локализованы россыпи.

Основными рудными минералами россыпей являются ильменит, циркон, в незначительных количествах встречаются лейкоксен и рутил. Концентрация их изменяется в зависимости от положения прибрежно-морских россыпей относительно источников питания. В россыпях, примыкающих к массиву щелочных пород, резко увеличивается содержание циркона, т. е. здесь заметно влияние локальных источников. Это подтверждается также появлением на отдельных участках касситерита, топаза, колумбита, реже вольфрамита по мере приближения продуктивных отложений к массивам метасоматически измененных гранитов и полям развития пегматитов. Широкое развитие в этих районах мезозойских кор выветривания каолинового профиля в сочетании с редкометалло-оловянной минерализацией субстрата является благоприятным фактором для образования не только комплексных региональных (аллохтонных) россыпей циркона и титановых минералов, но и локальных (автохтонных) россыпей касситерита и тантало-ниобатов в ближайшем обрамлении питающих источников.

Отложения полтавского возраста развиты и в Днепровско-Донецкой впадине, где редкометалло-титановые россыпи практически образуют самостоятельную провинцию (Вадимов, Веклич, 1964 г. и др.). Россыпи приурочены преимущественно к среднему горизонту полтавских отложений, сложенному осадками прибрежно-морской фации, представленными мелко- и тонкозернистыми кварцевыми песками с хорошо выраженной горизонтальной, реже косою слоистостью. Мощность этого горизонта, являющегося продуктивным в пределах всей провинции, колеблется от 2,5—6 до 24—40 м; основную массу песков составляет фракция  $-0,25+0,05$  мм.

В пределах известных продуктивных площадей, несмотря на значительную разобщенность, как отчетливо показано И. С. Романовым (1961, 1974 г.), россыпи характеризуются близкими условиями залегания и строения с некоторым изменением мощностей, средних содержаний и количественных соотношений циркона, рутила, лейкоксена, ильменита и других. На отдельных участках иногда отмечается наличие нескольких россыпей, расположенных на разных гипсометрических уровнях.

В целом особенностью этих россыпей является их относительно четкая стратиграфическая приуроченность, значительная уда-

ленность от источников сноса и формирование за счет размыва и многократного переотложения палеогеновых, меловых и юрских осадков.

Среди других районов развития россыпей этого возраста значительный интерес представляет также территория Днепровско-Бугского кристаллического массива.

Таким образом, продуктивные отложения палеогена развиты на значительных площадях юга платформы и дальнейшие исследования в этом интересном регионе, несомненно, приведут к открытию новых россыпей.

Неоген. В течение неогенового времени на значительных площадях Русской платформы господствовал континентальный режим, а к концу периода море сохранилось лишь в Прикаспийской синеклизе. Отложения неогена развиты в северном Прикаспии, Ставрополье, в бассейне Южного Буга, Приднепровье, Польско-Литовской впадине и некоторых других районах.

Южная окраина платформы в неогеновый период испытала погружение, связанное с движениями, проявившимися в альпийском геосинклинальном поясе. Эта территория неоднократно захватывалась трансгрессиями, происходило накопление кварцевых песков, сероцветных глин, известняков-ракушечников. Более широко распространены осадки миоцена, заметно меньше — образования раннего плиоцена.

В неогеновый период на большей части платформы господствовал гумидный климат, который в конце плиоцена сменился арктическим.

В тарханское, чокракское, караганское и конкское время на Русской платформе господствовал континентальный режим, в связи с чем осадконакопление возобновилось лишь в сарматское время вследствие трансгрессии, охватившей северный Прикаспий, Ставрополье, Украинский щит и Львовский прогиб, где отлагались осадки опресненного моря. В них сформировались многочисленные россыпи, характеристика которых приведена в работах И. И. Малышева (1957), Н. М. Барановой, М. Ф. Веклича (1960 г.), Н. Т. Вадимова (1962 г., 1964 г.), С. И. Гурвича, Л. Н. Казаринова, А. Н. Малашевского (1962), И. Н. Ремизова и М. Г. Бергера (1968), В. И. Середы (1964 г.), С. Н. Цымбала и Ю. А. Полканова (1975), М. Д. Эльянова (1964 г.) и других исследователей.

Одним из интереснейших районов является Среднее Приднепровье (см. рис. 10), где отложения сарматского яруса распространены почти повсеместно за исключением долин рек и балок. Они залегают на отложениях полтавской свиты, мощность их довольно выдержана и составляет обычно 15—25 м. Литологический разрез сармата довольно однообразен и представлен мелкозернистыми кварцевыми, слегка глинистыми песками, в которых выделяются три горизонта. Ближе к основанию нижнего горизонта осадки почти не содержат тяжелых минералов, вверх по разрезу по мере перехода к среднему горизонту постепенно появляются тон-

кие, прерывистые пропластки, обогащенные рудными минералами, причем наряду с горизонтальной начинает проявляться и косяя слоистость. В среднем горизонте с перемежающимися обогащенными и практически безрудными прослоями нередко выделяются пласты естественного шлиха. Верхний горизонт представлен равномерно обогащенными песками. К кровле возрастает глинистость песков, которые постепенно переходят в зеленовато-серые глины.

Такой же характер отложений сарматского яруса сохраняется и на северо-восточном склоне Днепровско-Бугского кристаллического массива, где известны три россыпи, продуктивные пласты которых приурочены к отложениям полтавской свиты и сарматского яруса. Наиболее интересной является комплексная россыпь, результаты изучения которой приведены в опубликованных работах Н. Т. Вадимова, И. Ф. Злобенко, И. И. Малышева, И. И. Машкары, С. Н. Цымбала и других исследователей. Здесь отметим лишь, что в вертикальном разрезе россыпи выделяются два пласта: верхний (более обогащенный) сложен песками сарматского яруса, а нижний представлен отложениями полтавской свиты и залегает непосредственно под верхним или отделен от него безрудным горизонтом средней мощностью около 5 м.

В этом же районе установлены еще две россыпи, одна из которых представлена семью залежами линзовидной формы протяженностью от 1,5 до 4 км, другая — пятью залежами с близкими параметрами. Вещественный состав обеих россыпей аналогичен; они отличаются лишь концентрациями тяжелых минералов в продуктивных пластах.

В целом для этих россыпей характерно наличие продуктивных пластов в полтавских и сарматских отложениях, являющихся типичными прибрежно-морскими фациями пляжа и подводного склона.

Трансгрессивный этап был мало благоприятен для формирования россыпей, свидетельством чему является наличие небольших струевидных и линзовидных тел в нижней и средней частях разреза. Наиболее оптимальные условия существовали в период завершения и преимущественно в начальной стадии регрессии бассейна, палеоберег которого фиксируется в настоящее время полосой богатых песков, представляющих собой естественные шлихи. Такая закономерность — приуроченность высоких концентраций тяжелых минералов к верхним частям разреза регрессивных серий и обратная корреляция для трансгрессивных — характерна для всех россыпных провинций.

Наряду с россыпями, расположенными на северо-восточном склоне Днепровско-Бугского массива, продуктивные отложения сарматского яруса установлены также и по его юго-восточному обрамлению. Для развитых здесь россыпей характерно неравномерное распределение рудных минералов в среднесарматских песках как по площади, так и в разрезе, причем отмечается довольно высокая концентрация дистена и силлиманита. Выделяется

лишь одна россыпь, приуроченная к нижнесарматским пескам, где в тяжелой фракции преобладает циркон (35%) при подчиненном значении ильменита (21%) и рутила (23%).

Россыпи известны также в северо-восточном Приазовье, где рудные минералы приурочены к осадкам среднего сармата. Выделяются две толщи, различающиеся литологическими особенностями, тектоническим режимом в период их формирования, минеральными ассоциациями и гидродинамическими условиями накопления. Нижняя толща песков, развитая исключительно в восточной части территории, отлагалась в характерных речных условиях. Верхняя толща песков среднего сармата развита преимущественно в западной части района. Она характеризуется наличием горизонтальной, реже косой и пологоволнистой слоистости, выраженной мелкими сериями различных по цвету слоев (до 10 см), а также наличием примазок глинистого вещества по слоевым швам. Горизонтальную слоистость песков подчеркивают скопления темноцветных, в основном титановых минералов. Рудные прослойки мощностью 1—5 см имеют резкие границы, иногда приобретают ветвеобразные очертания. Косая (перекрестная) слоистость характеризуется пологими крупными сериями слоев мощностью 10—25 см.

В прибрежно-морских песках верхней толщи отмечены следующие тяжелые минералы: ильменит (37—51%), рутил (14—22%), циркон (6—23%), дистен (5—16%), ставролит (4—9%), силлиманит (2—8%), гранат и эпидот (1—2%).

К другим интересным регионам относится Центральное Предкавказье, где также установлены прибрежно-морские россыпи (Гурвич, Қазаринов, Малашевский, 1962). Наиболее изучена россыпь, приуроченная к среднесарматским отложениям (ставропольские слои) суммарной мощностью 30—35 м, представленным мелкозернистыми, местами слабо глинистыми кварцевыми песками. Преобладают осадки с горизонтальной, но иногда и косой слоистостью. Повсеместно среди толщи песков отмечаются прослои и линзы песчаников различной плотности. Они отличаются кварцевым составом, мелко-, реже разнозернистые, со следами ряби и волноприбойных знаков, иногда с косой слоистостью. Пески, обогащенные рудными минералами, образуют два пласта (рис. 11). Верхний залегает в средней части толщи на глубине 18—20 м от современной поверхности, нижний — в основании, непосредственно на криптоактровых глинах. К северу оба пласта сливаются в единый горизонт мощностью 10—15 м. Ильменит, рутил, циркон распределены в плане россыпи относительно равномерно; в разрезе наблюдается значительная изменчивость в концентрации рудных минералов.

Другая россыпь также приурочена к средней части ставропольских слоев, представленных светло-серыми, мелкозернистыми хорошо отсортированными кварцевыми песками. Особенностью этих отложений является горизонтальная слоистость песков в верхней части пласта, наиболее обогащенной тяжелыми минера-

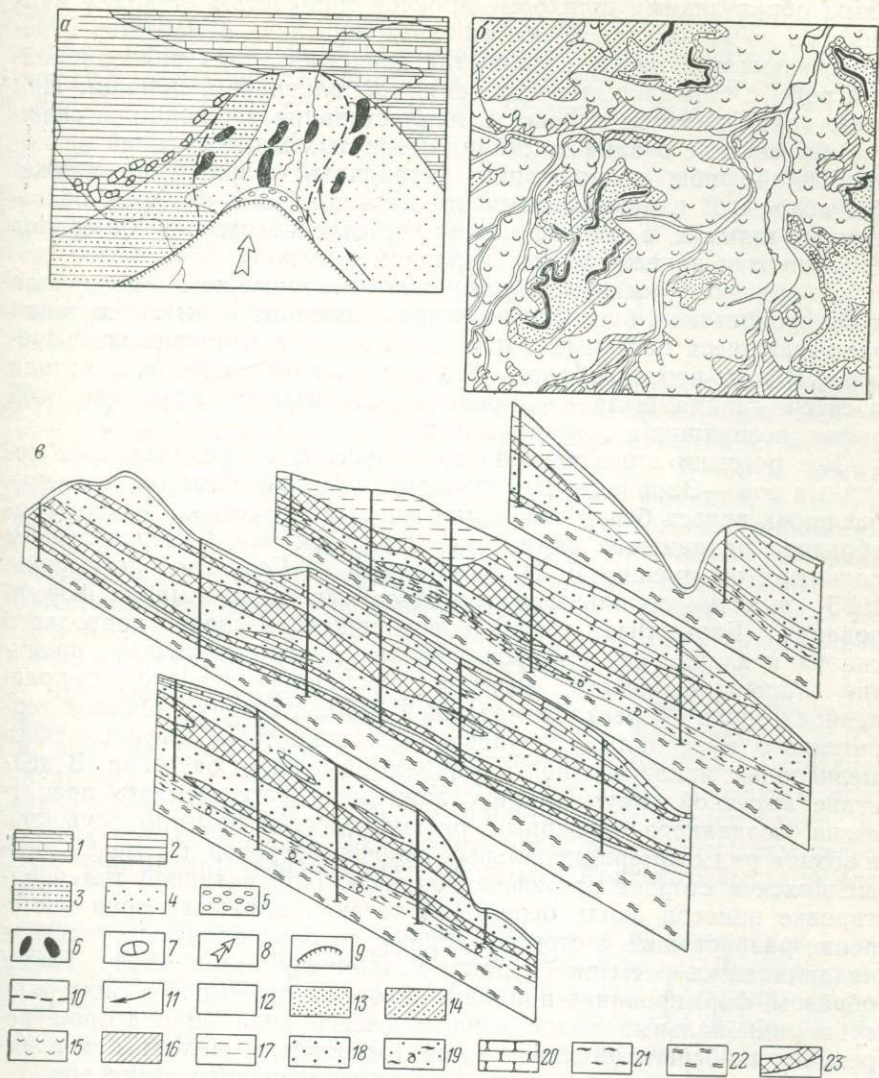


Рис. 11. Распространение продуктивных отложений в Центральном Предкавказье (по С. И. Гурвичу и Л. Н. Казаринову, 1962).

а — палеогеографическая схема среднего сармата; б — геологическая карта; в — разрезы.  
 1 — известняки и глины; 2 — преимущественно глины; 3 — песчанистые глины и пески;  
 4 — пески; 5 — галечники; 6 — продуктивные отложения; 7 — рифовые массивы; 8 — направление сноса терригенного материала; 9 — граница суши; 10 — граница области прибрежно-дельтовых осадконакоплений с периодически возникающими островами, зона прогрессивно развивающегося подводного вала; 11 — направление морских течений; 12 — современные отложения (суглинки, пески, реже галечники); 13 — верхний сармат (пески, песчаники, прослой ракушечников с зеленовато-серыми глинами в основании); 14 — пески, прослой песчаников и песчаных известняков с песчаными глинами в основании, 15 — криптомактровые слои (темно-серые известковистые глины с прослоями кремне-окремненных мергелей); 16 — нижний сармат (темно-коричневые сланцеватые глины с прослоями мергелей и окремненных известняков); 17 — суглинки; 18 — пески мелкозернистые; 19 — пески мелкозернистые глинистые с фауной; 20 — песчаники и песчаники-ракушечники; 21 — глины темно-серые слоистые; 22 — глины криптомактровые; 23 — продуктивные пласты

лами, образующими шлиховые прослои мощностью от долей миллиметра до 10—20 см. В обогащенных прослоях отмечается перекрещивающаяся косая и волнистая слоистость типа волноприбойной ряби с бороздками промывания, заполненными шлихом. При срезе таких слоев по плоскости напластования наблюдается сложное пересечение овальных линий, вытянутых вдоль гребней волноприбойной ряби, позволяющих установить направление пляжевой полосы. В пласте россыпи наблюдается до 4—5 слоев, обогащенных шлихом, в связи с чем распределение рудных минералов по мощности залежи весьма неравномерное.

По-видимому, основным источником терригенного материала в Ставропольском бассейне во второй половине сармата служили размывавшиеся песчаные фации караганского и чокракского времени. В этот период область Ставропольского поднятия с запада и северо-запада была изолирована от открытого моря полосой рифов, возникших в зоне подводного склона (см. рис. 11).

Все россыпи этого региона расположены в пределах трех основных зон — Западной, Центральной и Правобережной, ориентированных вкрест береговой линии морского бассейна. Такое своеобразное размещение сарматских россыпей на Ставропольском поднятии, по мнению Л. Н. Казаринова («Геология россыпей», 1965), вызвано локальными особенностями механизма их формирования. Барьерные рифы, возникшие в зоне подводного склона к западу от Ставрополя, и прогрессирующее поднятие Минераловодского выступа отклонили течение, направленное вдоль берега Кавказской суши, к северу. Обилие терригенного материала, поступавшего в область Ставропольского мелководья, явилось одной из причин обмеления бассейна. Вследствие активной аккумуляции отложений у естественного препятствия, созданного барьерным рифом, бассейн заметно осушился и возник ряд субмеридиональных цепочек островов и отмелей, развившихся в стороне от рифовой полосы. При активной транспортировке наносов вдоль берегового течения пляжевая зона постепенно разрасталась в сторону моря, а на благоприятных участках накапливались россыпи (Гурвич, Казаринов, Хмара, 1964). Таким образом, формирование прибрежно-морских россыпей в виде ряда субмеридиональных полос явилось своего рода индикатором перемещения береговой линии суши (островов, отмелей) под влиянием комплекса тектонических и седиментационных факторов.

Как известно, обогащенные прослои, образующиеся непосредственно в прибойной зоне, слагают в общем параллельнослоистые, слабоаклонные серии песков с внутренней волнистой и перекрестноволнистой слоистостью. Такого рода типичные пляжевые текстуры мы и наблюдаем во всех россыпях Ставрополя.

Разрез отложений неогена на юге Русской платформы (Волго-Донское междуречье) заканчивается ергенинской свитой среднего и верхнего плиоцена. Наибольший интерес представляют дельтовые отложения и мелководные фации прибрежной зоны верхней части разреза (акчагыльское море).

Таким образом, к отложениям неогена приурочены многочисленные редкометалльно-титановые россыпи. Имеющийся фактический материал указывает на значительные перспективы выявления новых комплексных россыпей на площадях развития неогеновых образований в различных районах Русской платформы.

Четвертичный период. Четвертичные отложения на платформе развиты повсеместно. Северная часть территории покрыта ледниковыми образованиями—моренными суглинками и флювиогляциальными песками, реже глинами. В долинах рек развит террасовый аллювий, по берегам морей—прибрежные и дюнные пески, местами отложения лагун. Прибрежно-морские россыпи известны в пределах современных зон Азовского, Черного и Балтийского морей.

На побережье Азовского моря циркон и титановые минералы известны в прибрежно-морских песках, золотых образованиях, отложениях лагун и лиманов. Россыпи протягиваются на несколько километров в виде узких струй шириной до 20—50 м. Обогащенные участки содержат до 2—9% тяжелой фракции, в составе которой преобладают циркон, ильменит, лейкоксен, пироксены, ставролит, кианит, турмалин, сфен; реже отмечаются шпинель, анатаз, брукит, топаз, андалузит. Образование современных россыпей связано здесь как с переотложением дочетвертичных песков и продуктов разрушения пород Приазовского кристаллического массива, так и с размывом береговых обнажений.

Детальные исследования россыпей этого района, проведенные Н. М. Барановой, С. Т. Борисенко, М. Ф. Векlichem, В. Х. Геворкьян, И. А. Полевой, Н. В. Логвиненко и другими, отчетливо показали, что россыпи современного побережья Азовского моря значительно уступают по своим масштабам и концентрации полезных компонентов верхнеолигоцен-миоценовым россыпям северного обрамления Приазовского массива и Конкско-Ялынской впадины.

На Черном море продуктивные отложения отмечаются как непосредственно на побережье, так и по обрамлению Днепровского и Бугского лиманов. Выделяется ряд площадей развития современных россыпей. В частности, в районе Анапской пересыпи общая протяженность пляжевых песков, обогащенных цирконом и титановыми минералами, составляет около 45 км, а отдельных россыпей—от 2—5 до 12—13 км. Полезные компоненты концентрируются в шлиховых прослоях (от 1—2 до 10—15 см) или равномерно рассеяны в массе песка. Протяженность их обычно не превышает 20—30 м. По минеральному составу выделяются три характерные зоны: гранатовая, роговообманковая и смешанная. Из полезных минералов тяжелой фракции в россыпях присутствуют циркон, рутил и лейкоксенизированный ильменит, при среднем соотношении 1:2,5:11. В районе острова Джарылгач ширина пляжа местами достигает 80 м, а прослой, обогащенные рудными минералами, прослеживаются на 20—50 м при ширине 5—10 м.

Подобные россыпи отмечаются в Тендеровской и Кинбургской косах, а также по берегам лиманов.

На побережье Балтийского моря (в пределах СССР) россыпи развиты на ряде участков и также представлены мелкозернистыми песками преимущественно кварцевого состава, изредка содержащими примесь гравийно-галечного материала (Ульст, Майоре, 1960 г.). В тяжелой фракции присутствуют циркон, ильменит, рутил, лейкоксен, анатаз, сфен, титаномагнетит. Исследованиями И. Н. Резникова, И. И. Четырбоцкой и другими показано, что наиболее высокие содержания рудных минералов приурочены к аккумулятивной форме (мыс Овиши), представляющей собой сочленение береговых валов и дюнных гряд, сформированных вдольбереговым потоком наносов, с последующей переработкой золотыми процессами.

Продуктивные пласты, имеющие чаще линзовидную форму, залегают обычно непосредственно на поверхности, а в зоне дюн на глубине 0,5—2,0 м. Соотношение циркона, рутила и ильменита составляет в среднем 1:5:40. В целом для современных прибрежно-морских отложений Балтийского моря, как это показано в работах К. К. Орвику, К. К. Орвику (мл.), В. Г. Ульста и других, характерен значительный диапазон содержаний циркона и титановых минералов с преобладанием в тяжелой фракции граната.

В Западном Поножье (Польша) прибрежные пески состоят из кварца, полевых шпатов, граната и обломков известняков. В составе тяжелой фракции (кроме граната) присутствуют магнетит, ильменит, циркон, рутил, монацит (Zwierzyckil, 1947).

На территории СССР современные редкометалльно-титановые россыпи прибрежно-морского типа в пределах Русской платформы не представляют пока значительного интереса. Однако детальное изучение современных береговых зон и россыпей, проведенное А. А. Аксеновым, А. А. Линчюсом, А. Я. Лунцем, Я. Я. Майоре, Е. Н. Невеским, К. К. Орвику, Ю. А. Павлидисом, В. Г. Ульстом, Ф. А. Щербаковым и другими исследователями, позволило установить основные закономерности накопления, распределения и аккумуляции редкометалльных и титановых минералов в прибрежно-морских россыпях.

Заканчивая характеристику региональных россыпей Русской платформы, следует коснуться вопроса о их вещественном составе. Описанию минералогии наиболее изученных россыпей посвящены работы В. К. Абулевич, К. С. Акоповой, В. К. Беляева, А. М. Болотова, Н. Т. Вадимова, С. И. Гурвича, М. Г. Дядченко, А. Н. Жердевой, Л. Н. Казаринова, В. А. Калюжного, И. Ф. Кашкарова, И. И. Малышева, Г. С. Момджи, Ю. А. Полканова, В. И. Пятнова, А. Р. Сушона, В. С. Трофимова, А. Я. Хатунцевой, Н. П. Хожайнова, С. Н. Цымбала, В. М. Чайки и других авторов. Наиболее полные результаты приведены в работе С. Н. Цымбала и Ю. А. Полканова (1975), посвященной россыпям Украины. Поэтому мы ограничимся лишь сводными данными по минеральному составу, отражающими отличительные особенности рассматри-

ваемой группы россыпей, применительно к центральным районам платформы.

Россыпи комплексного состава характеризуются преобладанием минералов, наиболее устойчивых к процессам химического выветривания, гидродинамической сортировки и переноса. Они имеют существенно кварцевый состав и различную окраску преимущественно светлых тонов; отмечается заметная рябь, иногда косяя слоистость. Часто встречаются линзы или прослои плотных песчаников, иногда кварцитов, предохраняющие в ряде случаев россыпи от последующего размыва.

В рассматриваемой группе региональных россыпей (в противоположность локальным) при наличии нескольких продуктивных горизонтов наиболее обогащен рудными минералами обычно верхний пласт.

Другой отличительной чертой является отсутствие плотика в общепринятом смысле. Пласт нередко выделяется только по результатам анализов, реже — макроскопически по наличию тонких черных прослоев естественного шлиха, подчеркивающих текстурный рисунок песков.

Основными компонентами продуктивных отложений являются кремнезем, глинозем, титан, цирконий, железо; меньшую роль играют фосфор, кальций, магний, щелочи и редкие земли. Кроме того, в переменных количествах присутствуют хром, марганец, ванадий, медь, свинец, цинк, иногда отмечаются стронций и барий.

Несмотря на разнообразие химического состава, минеральный состав тяжелой фракции довольно постоянен. В ней обычны циркон, ильменит, лейкоксен, рутил, реже ксенотим, являющиеся ведущими полезными компонентами. Из других минералов в отдельных россыпях отмечаются золото, алмазы, анатаз, брукит, сфен, глауконит, роговая обманка, эпидот, цоизит, андалузит, силлиманит, дистен, апатит, сидерит, гранат, турмалин, титаномагнетит, хромшпинелиды (преимущественно хромпикотит), корунд, ставролит, реже слюда, магнетит, пирит, марказит и др.

Почти все рудные минералы концентрируются во фракции  $-0,25+0,043$  мм. Исключение составляют россыпи Тимана, где размеры их часто превышают 0,25 мм и варьируют от 0,1 до 0,8 мм.

Среднее содержание минералов тяжелой фракции в песках колеблется в широких пределах ( $\text{кг/м}^3$ ): циркона 5—25, ильменита 30—80, лейкоксена 3—10, рутила 5—15 и редкоземельных минералов 0,03—0,6. В богатых россыпях средние содержания нередко значительно возрастают, достигая сотен килограммов на  $1 \text{ м}^3$ .

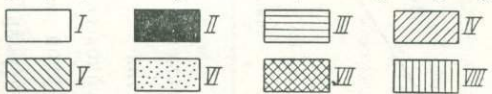
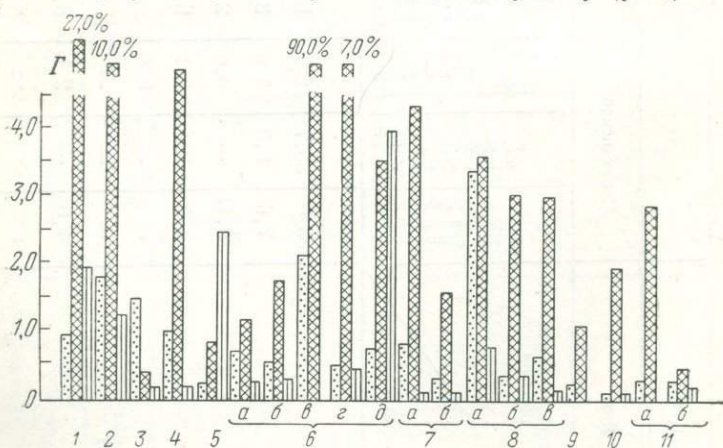
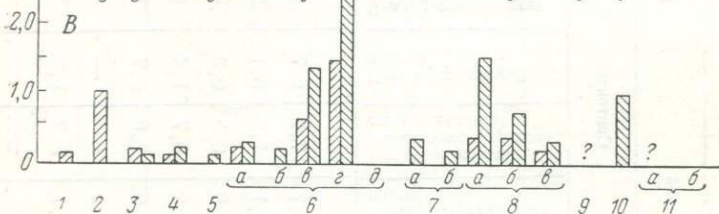
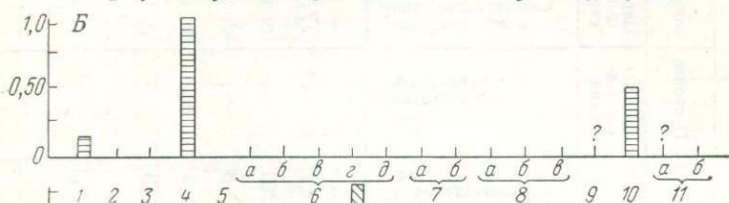
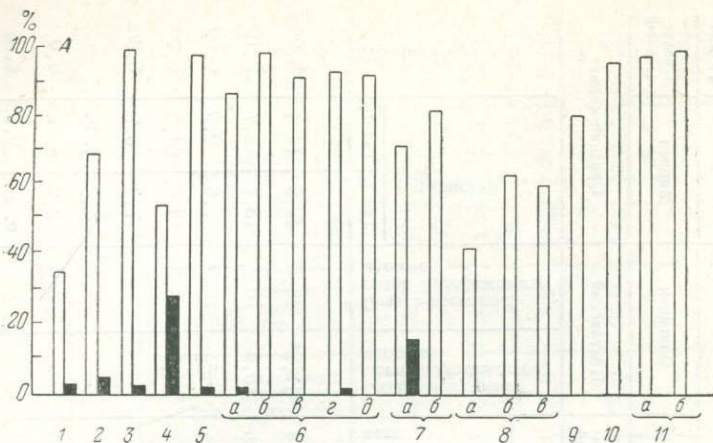
Наряду с основными рудными минералами в рассматриваемой группе россыпей в переменных концентрациях отмечаются ставролит, турмалин, дистен и силлиманит, из которых два первых минерала наблюдаются почти повсеместно.

Состав ведущих минералов тяжелой фракции и их соотношения (в %) отражены в табл. 2 (Гурвич, Болотов, 1968).

Система	Девонская			Каменноугольная			Юр-ская	Меловая						
	Средний		Вер-хний	Нижний			Сред-ний	Нижний						
Отдел	Эй-фель-ский		Живет-ский	Фран-ский			Визейский			Бат-ский	Валан-жин-ский		Аптский	
Ярус	Юго-восточный склон Тиманского кряжа		Юго-восточный склон Воронежского массива		Юго-восточное крыло Московской синеклизы	Южное крыло Московской синеклизы	Западное крыло Московской синеклизы	Арамасский вал	Северо-восточный склон Елецко-Ливненского поднятия	Центральная часть Московской синеклизы	Юго-восточная часть Московской синеклизы	Северо-восточный склон Воронежской антеклизы		Западный склон Воронежской антеклизы
Местоположение россыпи												Тип I	Тип II	
Минерал														
Ильменит	зн.	93,4	52,8	36,2*	14,0	22,9	18,0	21,0	35,2	48,1	42,0	40,4	31,3	
Рутил	зн.	е. з.	е. з.	3,3	3,0	3,6	1,6	2,1	7,0	13,6	15,1	4,2	9,7	
Лейкоксен	52,8	3,24	3,4	—	3,0	е. з.	0,4	64,2	3,0	5,5	е. з.	2,3	35,2	
Циркон	2,3	0,44	5,1	25,0	74,0	56,6	3,6	4,2	18,2	13,6	9,7	2,8	6,3	
Ставролит	е. з.	0,34	5,2	21,0	2,0	—	0,3	0,6	14,0	1,0	5,5	16,8	е. з.	
Силлиманит	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	е. з.	—	—	
Дистен	е. з.	0,03	—	8,0	1,0	—	1,26	6,3	17,0	12,0	12,4	28,2	е. з.	
Хромит	е. з.	0,38	—	—	—	—	5,5	—	—	е. з.	—	е. з.	—	
Эпидот	е. з.	—	—	—	е. з.	—	40,9	—	—	—	е. з.	—	е. з.	

\* Суммарные содержания ильменита и лейкоксена.

Система	Меловая							Палеогеновая				Неогеновая		Чет- вер- тичная
	Верхний							Палеоцен	Эоцен	Олигоцен		Миоцен	Совре- менный	
Отдел	Сеноманский			Сантонский				Нижне- саратов- ский	Цари- цын- ский	Полтавский		Средний сармат		
Ярус														
Местоположение россыпи	Восточный склон Орловско-Тамбов- ского свода	Западный склон Окско-Цинского вала	Центральная часть Московской синеклызы	Южная часть Рязано-Саратовского прогиба	Западное крыло Ульяновско-Саратов- ской синеклызы	Пензо-Муромский прогиб	Северное окончание Донно-Мелведицкого вала	Зона Саратовских дислокаций	Восточный склон Донно-Мелведицкого вала	Северо-западный склон Воронежского массива	Северо-восточный склон Воронежского массива	Украинский щит		Причерноморье
												Тип I	Тип II	
Ильменит	33,0	35,7*	12,7	9,7	7,2	6,7	10,2	33,7*	17,4	41,9*	40,0	48,8	14,4	65,38
Рутил	7,6	8,3	1,6	3,1	1,8	0,1	2,6	9,6	е. з.	15,4	16,7	15,7	18,7	2,19
Лейкоксен	0,15	—	0,6	2,0	0,8	0,3	0,6	—	е. з.	—	10,0	1,0	0,9	0,62
Циркон	6,1	2,1	2,1	9,2	0,7	1,4	1,4	8,2	е. з.	12,5	23,3	14,6	64,0	0,70
Ставролит	—	—	0,4	2,0	1,6	0,7	1,3	—	е. з.	—	—	7,3	0,9	8,60
Силлиманит	—	—	—	е. з.	—	—	—	—	—	—	0,5	8,0	е. з.	—
Дистен	4,6	—	2,1	8,1	3,3	1,25	2,8	—	17,4	—	3,3	3,2	е. з.	8,0
Хромит	—	—	—	—	—	—	—	—	9,6	—	—	е. з.	0,7	е. з.
Эпидот	6,9	—	2,9	1,6	—	—	0,6	—	е. з.	—	—	е. з.	е. з.	е. з.



Определенный интерес представляют находки золота. Оно установлено в разновозрастных россыпях центральных областей и юга платформы. Свободное золото отличается мелким размером зерен (Цымбал, Полканов, 1975). Этой же размерности в основном отвечают циркон и другие минералы тяжелой фракции. Хромит, хромпикотит, анатаз и брукит, а также промежуточные по устойчивости минералы — гранаты, эпидот, сфен, апатит и полевые шпаты встречаются преимущественно в малых весовых концентрациях (рис. 12).

В зависимости от условий формирования россыпей наблюдаются изменения состава терригенной части тяжелой фракции, и в частности соотношение устойчивых, промежуточных и неустойчивых минералов (рис. 13).

Глинистая составляющая продуктивных песков в большинстве случаев представлена каолином, содержание которого колеблется в широких пределах (от 1—2 до 20—25%). Часто он наблюдается в виде тонких мучнистых образований, иногда обволакивающих другие минералы. Количество его обычно снижается по мере удаления от областей сноса.

Выход тяжелой фракции и соотношение основных минералов в различных россыпях заметно изменяются и по преобладанию того или иного рудного минерала их можно условно подразделить на существенно цирконовые (россыпи нижнего карбона — бобринского, тульского и алексинского горизонтов), лейкоксеновые (среднедевонские россыпи Тимана, валанжинская и аптская россыпи центральных районов платформы) и ильменитовые (девонские россыпи Воронежского массива, сеноманские, сантонские россыпи и др.).

В целом для основных регионов платформы весовые соотношения в россыпях циркона, рутила и ильменита (включая лейкоксен) можно выразить следующими усредненными значениями: центральные районы платформы 1:1:6; Предкавказье 1:1:4; Украинский щит и его обрамление 1:1,5:4,5.

При изучении вещественного состава особое внимание следует уделять характеристике и количественному учету как минера-

Рис. 12. Относительные содержания основных породообразующих и рудных минералов в разновозрастных продуктивных отложениях центральной части Русской платформы.

А. I — кварц, II — полевой шпат; Б. III — хромит; В. IV — дистен, V — ставролит; Г. VI — ильменит, VII — лейкоксен, VIII — циркон. 1 — ястребовский горизонт среднего девона, юго-восточный склон Воронежского массива; 2 — щигровский горизонт верхнего девона, юго-восточный склон Воронежского массива; 3 — яснополянский надгоризонт нижнего карбона, южное крыло Московской синеклизы; 4 — батский ярус средней юры, Арзамасский вал; 5 — валанжинский ярус нижнего мела, северо-восточный склон Елецко-Ливненского поднятия; 6 — аптский ярус нижнего мела: а — центральная часть Московской синеклизы; б — Рязано-Саратовский прогиб, в, г, д — северо-восточное крыло Воронежской антеклизы; 7 — сеноманский ярус верхнего мела: а — восточный склон Орловско-Тамбовского свода, б — западный склон Окско-Цинниного вала; 8 — сантонский ярус верхнего мела: а — южная часть Рязано-Саратовского прогиба, б — западное крыло Ульяновско-Саратовской синеклизы, в — Пензо-Муромский прогиб; 9 — саратовский ярус палеогена, зона Саратовских дислокаций; 10 — царичинский ярус палеогена, восточный склон Доно-Медведицкого вала; 11 — полтавская свита олигоцен-миоцена: а — северо-западный склон Воронежского массива, б — северо-восточный склон Воронежского массива

лов тяжелой фракции, так и нерудной части песков, что позволяет решать не только генетические и прогнозные вопросы, но и намечать пути комплексной оценки россыпей.

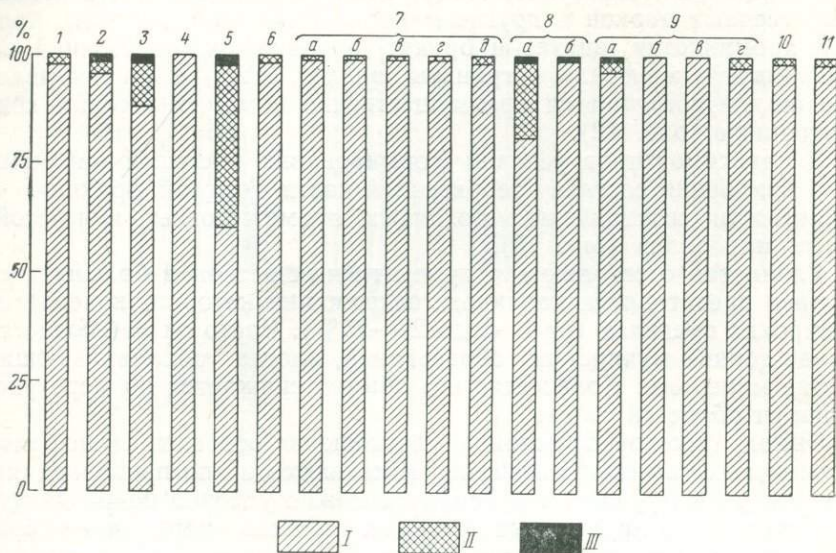


Рис. 13. Терригенная часть тяжелой фракции продуктивных отложений центральной части Русской платформы.

*I* — устойчивые минералы; *II* — промежуточные минералы; *III* — неустойчивые минералы.  
 1 — ястребовский горизонт среднего девона, юго-восточный склон Воронежского массива; 2 — щигровский горизонт верхнего девона, юго-восточный склон Воронежского массива; 3 — бобринский горизонт нижнего карбона, юго-восточное крыло Московской синеклизы; 4 — тульский горизонт нижнего карбона, южное крыло Московской синеклизы; 5 — батский ярус средней юры, Арзамасский вал; 6 — валанжинский ярус нижнего мела, северо-восточный склон Елецко-Ливненского поднятия; 7 — аптецкий ярус нижнего мела: *a* — центральная часть Московской синеклизы, *б* — Рязано-Саратовский прогиб, *в*, *г*, *д* — северо-восточное крыло Воронежской антеклизы; 8 — сенюманский ярус верхнего мела: *a* — Орловско-Тамбовский свод, *б* — центральная часть Московской синеклизы; 9 — сантонский ярус верхнего мела: *a* — южная часть Рязано-Саратовского прогиба, *б* — западное крыло Ульяновско-Саратовской синеклизы, *в* — Пензо-Муромский прогиб, *г* — северное окончание Доно-Медведицкого вала; 10 — царицынский ярус эоцена, восточный склон Доно-Медведицкого вала; 11 — полтавская свита олигоцен-миоцена, северо-восточный склон Воронежского массива

## 2. Перспективы выявления и критерии поисков россыпей в разновозрастных образованиях чехла платформы

Как уже отмечалось, в пределах Русской платформы и ее геосинклинального обрамления выявлены многочисленные россыпи, приуроченные к отложениям различного возраста — от девона до неогена. Некоторые из этих россыпей уже разведаны, вовлечены или вовлекаются в промышленное освоение. Однако изученность целого ряда продуктивных площадей, охватывающих отложения широкого возрастного диапазона, остается недостаточной и далеко не исчерпывает перспектив этого региона.

Анализируя изложенные выше сведения по геологии известных на Русской платформе россыпей рассматриваемой группы, основ-

ные данные по которым сведены в табл. 3, нетрудно заметить ряд общих черт, которые могут быть использованы в качестве главнейших поисковых критериев.

1. Источники питания. Исходным материалом для формирования россыпей обычно служат коры химического выветривания или осадочные породы, являющиеся промежуточными коллекторами. Связь россыпей с теми или иными родоначальными породами устанавливается довольно условно по сходству минерального состава — соотношению между основными минералами — и по их ассоциациям.

В целом вопрос о коренных источниках не имеет принципиального значения, так как эти россыпи могут возникать за счет разнообразных магматических, метаморфических и осадочных пород, развитых на огромных площадях и всегда содержащих рудные минералы в переменных концентрациях. Преобладание тех или иных комплексов пород в областях питания влияет лишь на соотношение в россыпях рудных минералов.

2. Тектонический режим. Наиболее продуктивные периоды россыпеобразования приурочены к этапам прерывистых движений субстрата, испытывающего тенденцию к воздыманию. Обычно бедные россыпи отмечаются в трансгрессивных сериях осадков. Исключение составляет россыпь Тимана сложного генезиса, приуроченная к эйфель-живетским отложениям, в формировании которой определенная роль принадлежит дельтовым фациям. Связь россыпеобразования с тектоническим режимом на примере центральной части Русской платформы отражена на рис. 14 (Гурвич, Болотов, 1968).

3. Литологический и гранулометрический состав россыпей. Литолого-фациальные особенности толщ, вмещающих россыпи, свидетельствуют о преимущественно мелководных прибрежных (морских, озерных) условиях осадконакопления. Продуктивные фации обычно представлены мелкозернистыми кварцевыми песками, иногда с прослоями глин или известково-глинистых песчаников, в частных случаях — отложениями прибрежных аллювиальных равнин, периодически покрывающихся морем.

Размеры зерен породообразующих минералов находятся в пределах 0,05—0,3 мм, при этом рудные минералы концентрируются главным образом в классах —0,15+0,07 мм. Исключение представляет уже упоминавшаяся девонская россыпь Тимана, в продуктивных пластах которой размеры зерен достигают 0,2—1 мм. Здесь крупные зерна лейкоксена представляют собой, по мнению В. А. Калюжного (1968), лейкоксенизированные агрегаты ильменита и титаномагнетита (не исключено, что это агрегаты прорастания вторичного рутила и кварца).

4. Структурное и палеогеографическое положение. Россыпи тяготеют преимущественно к обрамлениям внутриплатформенных впадин и периферическим опусканиям платформы, локализуясь в прибрежной зоне эпиконтинентальных морей

Возраст россыпи	Структурное положение	Палеогеографическое положение	Тектонический режим в период образования россыпей
Девон, эйфельский и живетский ярусы	Юго-восточный склон Тиманского кряжа	Прибрежная часть бассейна	Опускание, сменившееся в конце цикла поднятием
Живетский ярус, ястребовский горизонт	Юго-восточный склон Воронежского массива	То же	Смена опускания поднятием, интенсивный вулканизм
Франский ярус, нижнецигровский горизонт	То же	" "	Смена опускания поднятием
Нижний карбон, визейский ярус, яснополянский подъярус	Южное и западное крылья Московской синеклизы	" "	Поднятие после цикла трансгрессии
Средний и верхний карбон	Доно-Донецкий мост	Прибрежная часть	Поднятие
Средняя юра, батский ярус	Арзамасский вал	То же	То же
Нижний мел, валанжинский ярус	Северо-восточный склон Елецко-Ливненского поднятия	Мелкая часть шельфа с островом	Поднятие после трансгрессивного цикла
Нижний мел, аптский ярус	Центральная часть Московской синеклизы	Аллювиальная равнина, временно заливавшаяся морем	То же
То же	Юго-восточная часть Московской синеклизы	То же	" "
" "	Северо-восточный склон Воронежской антеклизы	" "	" "

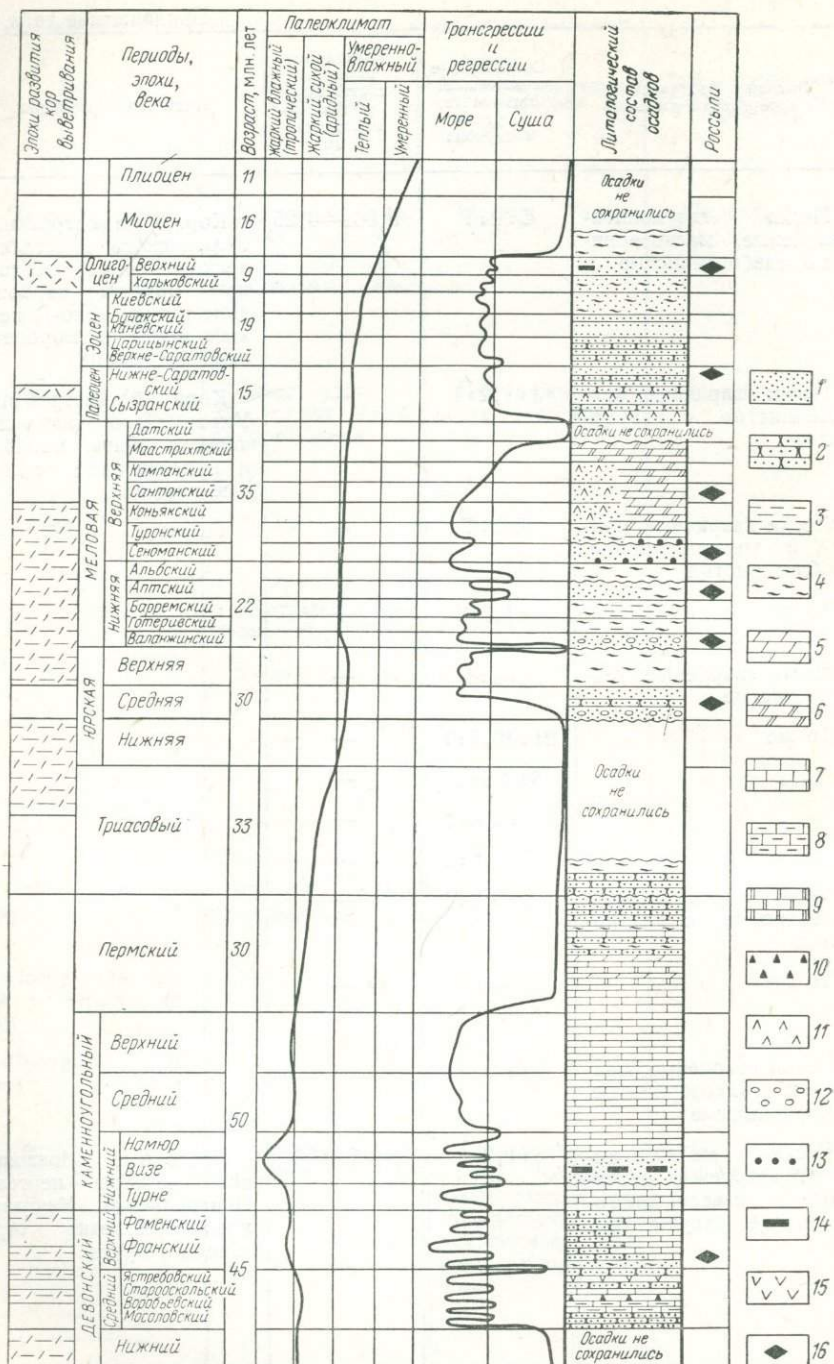
Литолого-фашиальная характеристика россыпей	Соотношение содержаний ильменита, рутила и циркона	Гранулометрический состав продуктивного горизонта, мм	Питающая провинция
Песчаники мелкозернистые и разнозернистые, гравелиты прибрежной (дельтовой) фации	0:23:1	0,2—1	Тиманский кряж — докембрийский метаморфический комплекс пород (сланцы кварцевослюдистые, кварциты)
Грубообломочные туфы и туффиты, туфопесчаники	210:7:1	0,1—0,7	Воронежский массив — кристаллические породы докембрия и вулканический материал
Песчаники кварцевые, мелкозернистые и среднезернистые	10:0,6:1	0,1—0,7	Кора выветривания кристаллических пород Воронежского массива и вулканогенно-осадочного комплекса пород ястребовского горизонта
Пески кварцевые, мелкозернистые	0,2:0,1:1	0,05—0,1, редко до 0,6 мм	Кора выветривания кристаллических пород Балтийского щита
Песчаники полевошпатово-кварцевые, разнозернистые	0,1:1:4	Менее 0,1	Кора выветривания Приазовского кристаллического массива
Пески кварцевые с полевыми шпатами, мелкозернистые	5:0,5:1	0,05—0,1	Кора выветривания эффузивных пород Воротилового выступа
Пески кварцевые, мелкозернистые, с глауконитом	3,4:9,7:1	0,07—0,1	Кора выветривания кристаллических пород Воронежского массива
Пески кварцевые, мелкозернистые	1,9:0,6:1	0,05—0,1	Кора выветривания кристаллических пород Балтийского щита и осадочные породы неокома северо-западного крыла Московской синеклизы
То же	3,6:1,4:1	0,1—0,2	Кора выветривания кристаллических пород Балтийского щита и осадочные породы неокома юго-западной части Московской синеклизы
" "	14:5,2:1	0,1—0,2	То же

Возраст россыпи	Структурное положение	Палеогеографическое положение	Тектонический режим в период образования россыпей
Нижний мел, аптский ярус	Северо-восточный склон Воронежской антеклизы	Аллювиальная равнина, временами заливавшаяся морем	Поднятие после трансгрессивного цикла
Верхний мел, сеноманский ярус	Восточный склон Орловско-Тамбовского свода	Мелкая часть шельфа	То же
То же	Западный склон Окско-Цнинского вала	То же	" "
" "	Центральная часть Московской синеклизы	" "	" "
Верхний мел, сантонский ярус	Южная часть Рязано-Саратовского прогиба	" "	" "
То же	Западное крыло Ульяновско-Саратовской синеклизы, осложненное Керенско-Чембарскими дислокациями	" "	" "
" "	Пензо-Муромский прогиб	" "	" "
" "	Северное окончание Доно-Медведицкого вала	Мелкая часть шельфа (с островом)	" "
Палеоцен, нижне-саратовский ярус	Зона Саратовских дислокаций	Мелкая часть шельфа	" "
Палеоцен, царичинский ярус	Восточный склон Доно-Медведицкого вала	То же	Поднятие после трансгрессивного цикла

Литолого-фашиальная характеристика россыпей	Соотношение содержаний ильменита, рутила и циркона	Гранулометрический состав продуктивного горизонта, мм	Питающая провинция
Пески кварцевые, мелкозернистые	5:7:1	0,074—0,1	Кора выветривания кристаллических пород Воронежского массива
Пески глауконитокварцевые, мелкозернистые, слабоглинистые, с полевыми шпатами	6:1:1	0,04—0,2	Отложения юры и мела северной части платформы и кора выветривания кристаллических пород Балтийского щита
Пески глауконитокварцевые, слабоглинистые, с полевыми шпатами	17:4:1	0,07—0,1	То же
То же	6:1:1	0,1	" "
Пески глауконитокварцевые, мелкозернистые, слабоглинистые	12:3:1	0,1—0,4	Отложения юры и мела западной и северной частей платформы, частично коры выветривания древних пород Урала
То же	6:2:1	0,01—0,4	Отложения юры и мела западной и северной частей платформы, частично кора выветривания древних пород Урала
" "	7,7:1,9:1	1—0,4	То же
" "	9:2:1	0,1—0,3	Отложения юры и мела западной и северной частей платформы, частично кора выветривания древних пород Урала
" "	4:1,3:1	0,1—0,3	То же
Пески глауконитокварцевые, мелкозернистые, слабоглинистые	8:2:1	0,1—0,3	" "

Возраст россыпи	Структурное положение	Палеогеографическое положение	Тектонический режим в период образования россыпей
Олигоцен,-миоцен, полтавская свита	Хоперская моноклираль (юго-восточный склон Воронежского массива)	Мелкая часть шельфа	Поднятие после трансгрессивного цикла
Олигоцен-миоцен, полтавская свита	Северо-восточный склон Украинского щита	Прибрежная часть бассейна	То же
То же	То же	То же	" "
" "	Днепровско-Донецкая впадина	" "	" "
" "	То же	" "	" "
" "	" "	" "	" "
" "	" "	" "	" "
" "	" "	" "	" "
Сарматский ярус	Южный склон Украинского щита	" "	" "
Полтавская свита и сарматский ярус	То же	" "	" "
Средний сармат	" "	" "	" "
То же	Ставропольское поднятие	Прибрежная часть бассейна, изобилующая периодически возникающими островами в пляжевой зоне	Поднятие, локальные колебательные движения

Литолого-фациальная характеристика россыпей	Соотношение содержаний ильменита, рутила и циркона	Гранулометрический состав продуктивного горизонта, мм	Питающая провинция
Пески глауконито-кварцевые, мелкозернистые, слабглинистые	5:2:1	0,063—0,25	Кора выветривания Украинского кристаллического щита, осадочные породы карбона, юры и мела Доно-Донецкого моста и Воронежской антеклизы
Пески кварцевые, мелкозернистые, с глауконитом	3:1,2:1	—	Кора выветривания Украинского кристаллического щита, меловые и палеогеновые осадочные породы
Пески кварцевые, мелко- и тонкозернистые, слабглинистые	8:2:1	—	То же
То же	2:1,5:1	—	" "
Пески кварцевые, мелкозернистые	4:2:1	—	" "
То же	21:10,5:1	—	" "
" "	5:3,6:1	—	" "
" "	2,3:1,8:1	—	" "
" "	4,7:1,6:1	—	" "
Пески кварцевые, мелкозернистые, с глауконитом	1,5:0,8:1	—	" "
То же	—	—	" "
Пески кварцевые, мелко- и тонкозернистые, слабглинистые	5:1,3:1	—	" "
Пески мелкозернистые, кварцевые песчаники, известковистоглинистые ракушечники	4:1,8:1	0,05—0,2	Осадочные образования мезозоя — неогена Центрального Кавказа, преимущественно тартонского яруса



вдоль склонов сводов и поднятий. В частных случаях (средний сармат Ставропольского поднятия) россыпи ориентированы перпендикулярно или под углом к общему направлению береговой зоны палеобассейна, что можно объяснить образованием поперечных подводных тектоно-седиментационных валов и возникновением вдоль них цепочек банок и островов, отклоняющих вдоль береговые течения, транспортирующие терригенный материал.

Сочетание перечисленных благоприятных условий, неоднократно повторявшихся в процессе эволюции Русской платформы, обусловило формирование многочисленных россыпей в разновозрастных продуктивных отложениях, характеризующихся различной степенью перспективности.

### *Докембрий и палеозой*

Наиболее ранние россыпи известны в Уральской геосинклинальной области в метаморфизованных осадочных толщах рифея Башкирского антиклинория, где они залегают среди регрессивных серий осадков. Близкие по условиям формирования комплексные россыпи установлены на севере платформы в кильдинской серии верхнего протерозоя (Негруца, 1973 г.). Южнее этих районов циркон и титановые минералы установлены в силурийских образованиях.

Девон. Отложения девона выходят на дневную поверхность в северо-западной и центральной частях платформы, образуя соответственно Главное и Центральное девонские поля. Они обнажаются также в Подолии, на Воляни и Тимане. На других площадях эти отложения вскрыты буровыми скважинами.

Как уже отмечалось, с эйфель-живетскими отложениями связаны россыпи Тиманского кряжа. Фациальный состав терригенных толщ живетского времени отражает сложный характер седиментации, происходившей в условиях переменного тектонического режима. Эти отложения представлены разнозернистыми кластическими породами, накапливавшимися в прибрежной зоне мелководного бассейна при участии горных рек, транспортировавших материал в область широкой равнины Притиманья. С учетом положения береговых линий палеобассейнов площади, перспективные для выявления новых россыпей, заслуживающие постановки поисков, охватывают западную часть Южного Тимана и прилегающие к нему районы Среднего Тимана (см. рис. 1).

В пределах Центрального девонского поля перспективы выявления новых россыпей намечаются в среднем течении Дона, где

---

Рис. 14. Стратиграфическое положение редкометалльно-титановых россыпей центральной части Русской платформы.

1 — песок; 2 — песчаник; 3 — алевроит; 4 — глина; 5 — мергель; 6 — мел; 7 — известняк; 8 — доломит; 9 — ангидрит; 10 — сульфатные осадки; 11 — опока; 12 — галечник; 13 — галька фосфорита; 14 — уголь; 15 — эффузивно-туфогенные породы; 16 — россыпи

развиты продуктивные вулканогенные породы ястребовского горизонта.

Установленные на прилегающих площадях продуктивные отложения франского яруса развиты значительно шире. Однако прибрежные песчаные фации нижнещигровского бассейна, окаймляющие Ульяновский выступ, не представляют практического интереса в связи с их глубоким залеганием — свыше 1500 м от дневной поверхности. По обрамлению Воронежской антеклизы одновозраст-

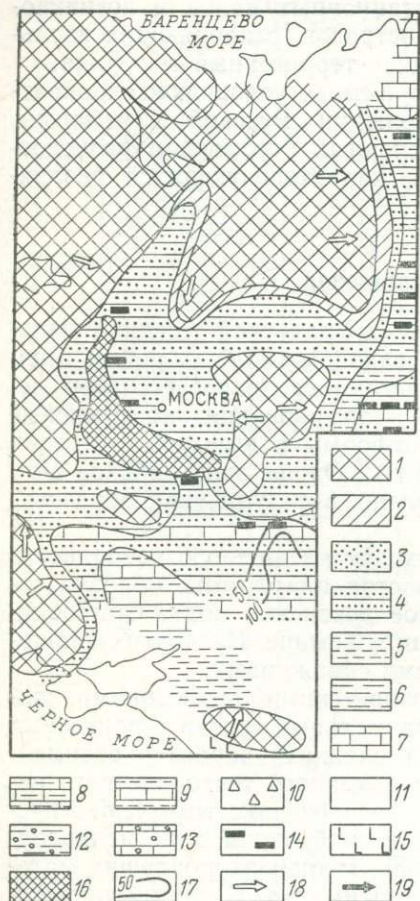


Рис. 15. Схема распространения перспективных отложений яснополянского подъяруса нижнего карбона (палеогеографическая основа по В. М. Познер и др.).

1 — горная и равнинная суша; 2 — равнинная суша, области возможного осадконакопления; 3 — равнинная суша, области осадконакопления; 4 — прибрежная равнина, временами заливавшаяся морем; 5 — мелкое море, терригенные осадки; 6 — относительно глубокое море, терригенные осадки; 7 — мелкое море, известняки, мел, мергели, мелоподобные мергели и глинистые известняки; 8 — относительно глубокое море, известняки, мергели и глинистые известняки; 9 — флиш терригенно-карбонатный; 10 — мелкое и относительно глубокое море, кремнистые осадки; 11 — засоленные бассейны, гипс и ангидриды, калийная и каменная соли; 12 — мелкое опресненное море и озера, терригенные осадки; 13 — мелкое опресненное море, известняки; 14 — угли; 15 — области накопления вулканических продуктов; 16 — площади развития продуктивных отложений; 17 — изопахиты; 18 — главные направления сноса обломочного материала; 19 — второстепенные направления сноса обломочного материала

ные мелководные осадки залегают на глубинах 10—50 м. Здесь формирование нижнещигровских отложений связывается с размывом кор выветривания, развитых как по вулканогенным породам ястребовского горизонта, так и по кристаллическим породам фундамента. Благоприятные палеогеографические условия и тектонический режим в этом районе в период накопления нижнещигровских слоев позволяют рассматривать их в качестве потенциально перспективных. Определенный интерес здесь представляют и пединские песчаники, в которых установлены повышенные концентрации ильменита. Оценивая этот район в целом, следует считать его объектом второй очереди в связи с литификацией отложений, значительно усложняющей их освоение.

**Карбон.** В разрезе карбона продуктивные отложения приурочены к яснополянскому (бобриковскому, тульскому) и алексинскому времени и распространены в пределах Московской синеклизы, главным образом по ее периферии. Они формировались в условиях тропического гумидного климата, при котором в областях сноса — на породах Балтийского щита, Белорусского массива и Воронежской антеклизы — развивалась кора химического выветривания. Ее продукты сносились в медленно прогибавшуюся Московскую синеклизу, куда в бобриковское время периодически проникало море (рис. 15). В тульское время в западных и юго-западных районах Московской синеклизы установились условия прибрежной равнины.

О перспективности бобриковских и тульских отложений, залегающих на глубинах от 1—2 до 50—70 м, свидетельствует также наличие участков с повышенным содержанием циркона и титановых минералов. Отдельные находки отмечены и в песках алексинского горизонта по северо-западной периферии Московской синеклизы (Тихвинский бокситоносный район).

Таким образом, среди отложений карбона повышенный интерес представляют визейские песчаные фации, развитые на юге, западе и северо-западе Московской синеклизы. Они приурочены к склонам положительных структур II и III порядка, являвшихся береговыми зонами палеобассейнов.

### *Мезозой*

Мезозойская эра является временем наиболее интенсивного россыпеобразования для центральной части Русской платформы. Особенно широкое развитие продуктивных отложений характерно для мелового периода.

**Триас.** Отложения этого периода практически не перспективны на выявление в них россыпей регионального типа, поскольку на большей части платформы господствовали континентальные условия. Для морских условий геосинклинальной области Карпат и Кавказа характерен карбонатный тип осадков.

**Юра.** Среди юрских отложений продуктивные осадки известны по северной периферии Ульяновско-Саратовской синеклизы и в сводовой части Воронежской антеклизы (вовлеченной в область погружения Днепровско-Донецкой впадиной), где располагались прибрежные зоны батского моря.

Продуктивная толща северного обрамления Ульяновско-Саратовской синеклизы сформировалась за счет коры выветривания, достигшей в основном гидрослюдистой стадии своего развития. В песчаной толще среднего комплекса батского яруса установлены высокие концентрации рудных минералов. Они образуют россыпь, прослеженную вдоль юго-восточного склона Арзамасского вала. На западном крыле другого (Ардатовского) вала также в нескольких пунктах обнаружены выходы батских песков, обогащенных рудными минералами. Обе эти структуры в батское время пе-

риодически испытывали поднятия, вызвавшие образование в прибрежной зоне морского бассейна островов, отмелей и кос.

Колебательные движения субстрата, происходившие в условиях мелкого моря, а также обильное поступление терригенного материала создавали благоприятные предпосылки для формирования россыпей.

Подобными условиями характеризовалась северо-восточная прибрежная часть эпиконтинентального батского моря, занимавшего Датско-Польский прогиб и Польско-Литовскую синеклизу. Обильное питание этого бассейна терригенным материалом за счет размыва продуктов выветривания Балтийского и Украинского щитов, а также Белорусской антеклизы свидетельствует, что наибольший интерес здесь представляют регрессивные осадки второй половины батского века, площади развития которых выделяются как потенциально перспективные (см. рис. 3).

Мел. Для мелового времени характерно широкое развитие процессов россыпеобразования. Лишь в нижнемеловых аллохтонных отложениях пока не известно сколько-нибудь значительных концентраций рудных минералов.

К валанжинскому ярусу приурочена слабо изученная россыпь, развитая на северо-восточном склоне Елецко-Ливненского поднятия. Она является типично прибрежно-морской и по условиям образования связана с периодами осушения указанной структуры. Неглубокое (1—2, реже 5 м) залегание валанжинских отложений в этом районе, их формирование за счет продуктов хорошо проработанной коры химического выветривания и установленные повышенные концентрации рудных минералов позволяют считать обрамление Елецко-Ливненского поднятия перспективным для дальнейших поисков комплексных россыпей. Наиболее интересные россыпи, судя по палеогеографической обстановке, можно ожидать в южной части района.

В аптском ярусе продуктивной является верхняя часть разреза восточной периферии Средне-Русской возвышенности и северного склона Клинско-Дмитровской гряды. Здесь вдоль западной береговой линии аптского моря в зоне прибрежной равнины, затопленной в конце века, известны пять небольших россыпей и многочисленные пункты скопления редкометалльных и титановых минералов. Россыпи изучены слабо; некоторые из них лишь намечены по нескольким обнажениям или единичным буровым скважинам. В целом благоприятная обстановка формирования продуктивной толщи апта могла способствовать образованию более крупных россыпей на участках со стабильной береговой линией.

Альбское время было менее благоприятным для формирования продуктивных отложений, поскольку эрозия областей питания альбского бассейна зашла достаточно глубоко: размыву подвергались нижние, гидрослюдистые горизонты древних кор выветривания и невыветрелые породы кристаллического фундамента, о чем свидетельствуют высокие концентрации неустойчивых минералов в терригенных отложениях.

В конце альба — начале сеномана произошла коренная перестройка тектонического плана платформы, выразившаяся в преимущественном развитии структур запад-северо-западного направления. В альбе нарушилась связь бассейна, занимавшего Московскую и Прикаспийскую синеклизы, с бореальным морем; обширные области юрских и нижнемеловых прогибов, включая и северную часть Московской синеклизы, были вовлечены в об-

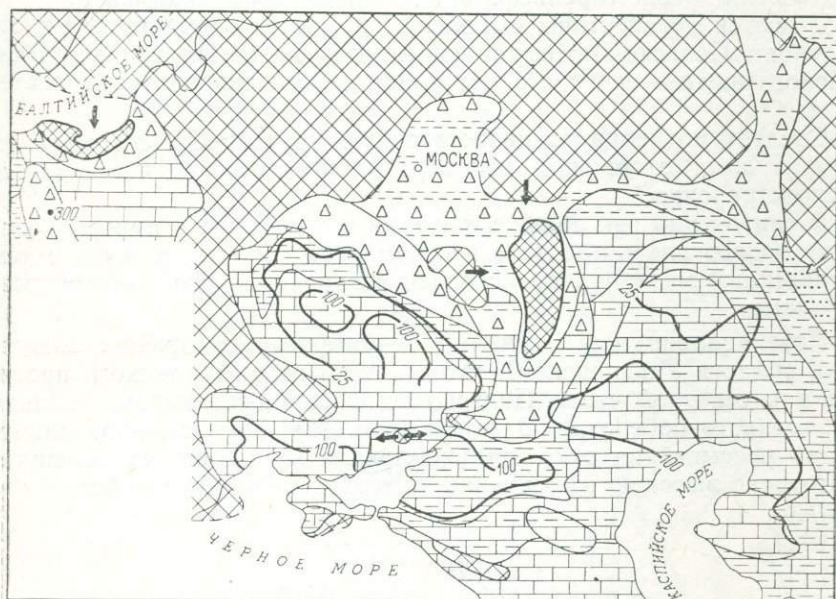


Рис. 16. Схема распространения перспективных отложений сантонского яруса (палеогеографическая основа по О. В. Флеровой и др.).

Условные обозначения см. на рис. 15

щее поднятие северной половины платформы и стали областями размыва. В связи с этим питание верхнемеловых бассейнов, помимо продуктов переотложения кор выветривания Балтийского и Украинского щитов, происходило также за счет размыва мощных толщ осадков юрского и раннемелового возраста, включавших и собственно продуктивные отложения, образовавшиеся в свое время за счет размыва древних кор выветривания тех же щитов. Об этом свидетельствует достаточно однородный состав верхнемеловых терригенных отложений. Наличие региональных источников питания верхнемеловых бассейнов терригенным материалом, освобожденным от неустойчивых минералов, обусловило на площадях с благоприятными гидродинамическими условиями широкое развитие россыпей, характеристика которых приведена выше (раздел 1).

К числу перспективных районов относятся восточное обрамление Орловско-Тамбовского свода, Клинско-Дмитровская гряда и Теплостанская возвышенность (непосредственно в черте г. Москвы). Известны обогащенные рудными минералами пески сеномана в районе Ртищевско-Морецкого и Доно-Медведицкого валов. Верхнемеловые прибрежно-морские россыпи установлены также в районе Волынского габбро-лабрадоритового массива на Украине, где в пределах равнины полесского типа они сохранились в пониженных частях древнего рельефа кристаллического фундамента.

Имеются перспективы выявления россыпей в мелководных отложениях Польско-Литовской синеклизы, развитых вблизи Балтийского щита — основного источника сноса терригенного материала.

Следует подчеркнуть недостаточную изученность сеноманских продуктивных отложений, несмотря на значительные площади их распространения.

В сантонский век области питания сохранились, причем размыту подвергались частично и сеноманские осадки, в связи с чем терригенный материал представлен в основном устойчивыми минералами.

Потенциально перспективные терригенные отложения известны в области Ульяновско-Саратовского, Пензо-Муромского прогибов и в северной части Польско-Литовской синеклизы, вблизи современного побережья Балтики (рис. 16). Закономерное размещение россыпей на относительно локальных площадях обещает достаточно высокую эффективность геологопоисковых работ.

### *Кайнозой*

Если в мезозое формирование россыпей происходило преимущественно в центральных районах Русской платформы, то в кайнозойе главнейшие области россыпеобразования переместились к ее периферии.

Палеоген. После кратковременной регрессии в датском веке в палеогене произошло некоторое изменение структурного плана платформы, особенно ее южной части. В частности, Датско-Польский прогиб и Днепровско-Донецкая синеклиза образовали единую область седиментации. Украинский щит на протяжении палеогена испытывал слабое опускание, но оставался областью размыва.

Питание эпиконтинентальных бассейнов происходило главным образом за счет размыва и переотложения осадочных пород верхнего мела и частично (во второй половине палеогенового времени) нижнепалеогеновых осадков.

Палеоценовые продуктивные фации южной части платформы представлены терригенными осадками саратовского века. К настоящему времени известны незначительные по масштабам россыпи, большинство из которых приурочено к нижним частям раз-

реза саратовских отложений, в пределах поднятий III порядка — Доно-Медведицкого вала и Саратовских дислокаций.

Продуктивные фации эоцена развиты на северо-восточном крыле Днепровско-Донецкого прогиба, где они приурочены к отложениям каневской, бучакской и киевской свит. Они протягиваются полосой вдоль северного склона Днепровско-Донецкого про-

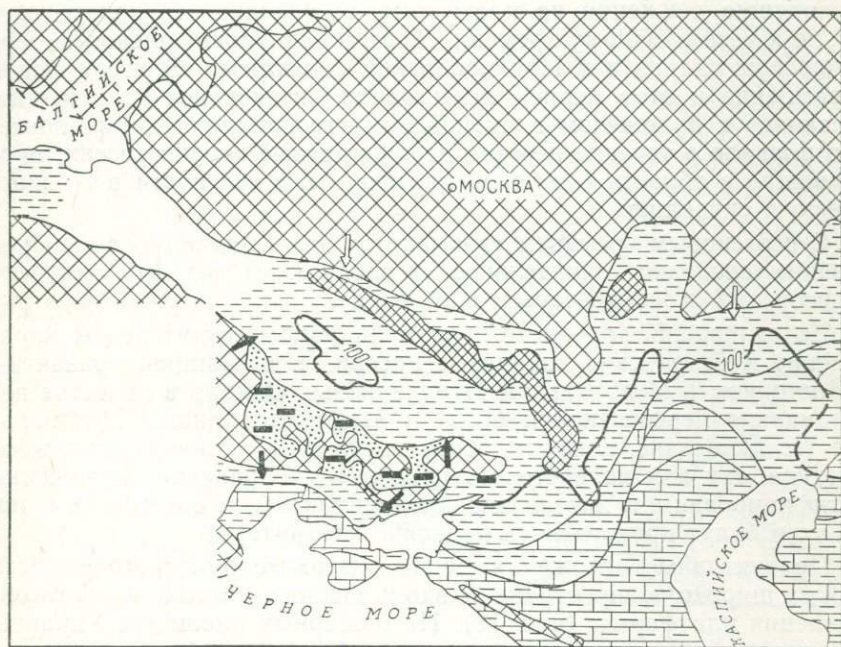


Рис. 17. Схема распространения перспективных отложений нижнего и среднего эоцена (палеогеографическая основа по Е. К. Шуцкой, В. П. Семенову и др.).  
Условные обозначения см. на рис. 15

гиба на восток до р. Дона и его левого притока р. Хопра. Горизонты, перспективные на выявление прибрежно-морских россыпей, отмечаются также в царицынских песках района Саратовских дислокаций (рис. 17). В эоценовых осадках, как и в палеоценовых, россыпи в большинстве случаев приурочены к регрессивным сериям.

Олигоцен, в свете имеющихся представлений, выделяется как наиболее мощная эпоха россыпеобразования на юге Русской платформы (за исключением харьковской свиты).

В процессе седиментации осадков в полтавском эпиконтинентальном море, после кратковременной регрессии на границе харьковского и полтавского времени, в бассейн стал поступать обильный материал за счет размыва меловых и нижнепалеогеновых от-

ложений, а также кор химического выветривания пород Украинского щита, что создавало благоприятные условия для формирования многочисленных россыпей, особенно в области прибрежных зон Днепровско-Донецкого прогиба. В связи с этим полтавские отложения заслуживают первоочередного изучения практически на всей площади их выходов и участках неглубокого залегания.

Неоген. Основные тенденции развития платформы в неогене унаследованы от олигоцена. В течение неогена продолжались восходящие движения на платформе, вызвавшие ее полное осушение к четвертичному времени. Море сохранялось только на Черноморском склоне и в Прикаспийской синеклизе. Эпигердинское обрамление в этот период испытывало интенсивное погружение, связанное с орогенезом в альпийском геосинклинальном поясе. Это вызвало в течение неогена неоднократные трансгрессии, проникавшие в область Скифской платформы, в частности в Прикаспийскую синеклизу.

С неогеновым временем связывается интенсивное россыпеобразование, особенно значительное в среднем и позднем миоцене (тортонский и среднесарматский века).

Из отложений тортонского времени наиболее интересны караганские и чокракские кварцевые пески и песчаники, развитые в Восточном и Центральном Предкавказье. Однако в качестве потенциально перспективной области выделяется лишь Центральное Предкавказье, главным образом площадь Минераловодского выступа, так как на востоке территории чокракские отложения литифицированы и интенсивно дислоцированы, в связи с чем они едва ли будут представлять практический интерес.

Продуктивные отложения средне- и верхнесарматского возраста весьма широко распространены вдоль южного и юго-западного обрамления платформы (рис. 18). На обширных площадях Украины и в других юго-западных и южных районах платформы установлены многочисленные прибрежно-морские россыпи.

Определенный интерес могут представлять также развитые на территории Молдавии неогеновые отложения, перекрывающие сильноденудированное кристаллическое основание. В частности, к перспективным образованиям следует отнести сарматские, понтические и левантийские осадки неогена, прослеживающиеся на водораздельном пространстве Прута и Днестра.

Значительный интерес вызывают миоцен-плиоценовые отложения Предкавказья, геологическое изучение которых позволило открыть здесь ряд комплексных россыпей (Гурвич, Казаринов, Малашевский, 1962), большинство из которых приурочено к нижней части верхнесарматской — верхам среднесарматской свит в пределах Ставропольского поднятия.

К потенциально продуктивным отложениям следует отнести пески плиоцена, слагающие на Западном Кавказе относительно протяженную полосу длиной около 120 км при ширине 15—35 км, которые изучены лишь по периферии выходов. Их гранулометри-

ческий состав отвечает донным осадкам, благоприятным для образования россыпей.

Надо отметить весьма слабую изученность плиоценовых образований, и в частности мощных толщ континентальных кварцевых песков ергенинской свиты и синхронных ей отложений в Польско-Германской синеклизе. При наличии благоприятной гидродинамической среды в условиях крупных озер эти отложения могли бы

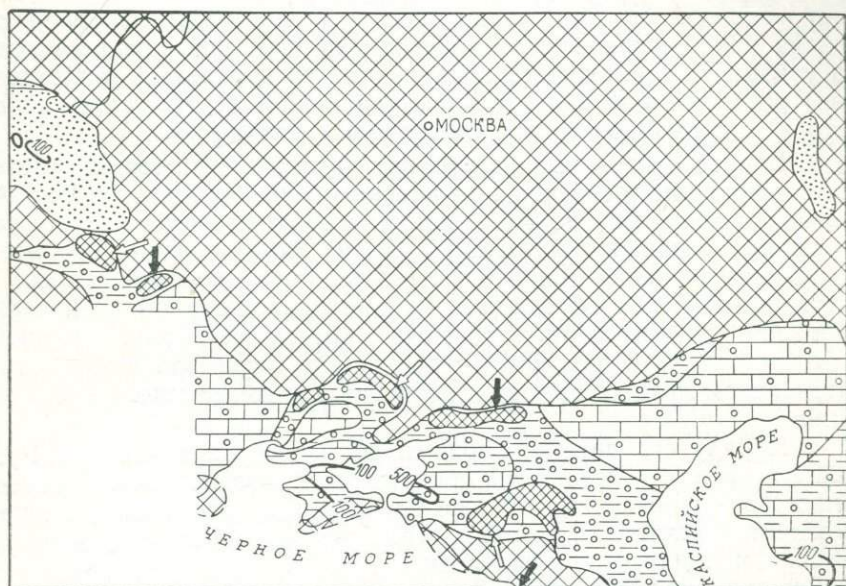


Рис. 18. Схема распространения перспективных отложений сарматского яруса неогена (палеогеографическая основа по Г. И. Молявко, В. М. Ореховой и др.).  
Условные обозначения см. на рис. 15

явиться промежуточными коллекторами при формировании россыпей.

В заключение целесообразно подчеркнуть некоторые положения, вытекающие из рассмотренного выше материала.

1. Отмечается определенная зональность в размещении россыпей различного возраста по отношению к первичным источникам питания — корам выветривания кристаллических пород наиболее древних устойчивых поднятий: девонских — в северо-восточной части Русской платформы; меловых — в центральной; олигоценых — в южной; миоценовых — на Скифской плите и в Предкавказье.

При этом россыпи рассматриваемой группы обычно приурочены к обрамлениям структур первого порядка — кристаллическим щитам, антеклизам и поднятиям или к положительным элементам

второго, третьего и более высоких порядков, осложняющих отрицательные структуры первого порядка — синеклизы, прогибы.

2. По мере продвижения вверх по разрезу чехла платформы снижается роль первичных кор выветривания и соответственно возрастает роль ранее сформированных за их счет отложений как промежуточных коллекторов рудных минералов.

Продуктивность более молодых отложений практически не снижается. Как в мелу, так и в средней юре, олигоцене и миоцене распространенность россыпей и их масштабы совпадают. Важнейшим фактором при выделении перспективных площадей является анализ палеогеографической обстановки, при котором необходимо учитывать возможность локализации региональных (аллохтонных) россыпей и на значительном удалении (десятки, сотни километров) от выходов кристаллического фундамента.

3. Вопрос о коренных источниках, путях и расстояниях переноса материала (особенно при поисках более молодых, мезо-кайнозойских россыпей) не имеет прикладного смысла, поскольку резервы продуктивного материала для их формирования огромны. Решающее значение приобретают лишь тектонический режим и гидродинамическая обстановка, существовавшие в области седиментации (трансгрессии и главным образом регрессии морских бассейнов при относительной стабильности береговой линии), при интенсивном предшествующем развитии кор химического выветривания.

4. Наряду с главными эпохами россыпеобразования на Русской платформе — девонской, среднеюрской, позднемеловой и среднепалеоген-раннеэоценовой перспективами в отдельных регионах отличаются также отложения регрессивных серий рифей-венда, карбона, нижнего мела и палеоцена.

Все это позволяет рассматривать Русскую платформу как одну из ведущих россыпных провинций.

## Глава II

### РОССЫПИ ПЛАТФОРМЕННЫХ И ПОДВИЖНЫХ ОБЛАСТЕЙ АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ СССР

В пределах этой территории выделяется ряд россыпных провинций, связанных с образованиями различных эпох от докембрия до олигоцена. Детальное прогнозирование и поиски древних россыпей рассматриваемой группы длительное время усложнялись слабой палеогеографической изученностью азиатской части СССР. Лишь в последние годы в связи с интенсивным развитием работ на нефть и газ появились обобщающие публикации по палеогеографии отдельных площадей и целых регионов. Первым опытом регионального обзора истории геологического развития и последовательной реконструкции палеогеографии азиатского материка явилась монография В. М. Сеницына «Палеогеография Азии»

(1962), многие положения которой учтены нами при палеогеографическом анализе отдельных районов.

Результатам изучения россыпей и оценке их перспектив посвящены работы ряда исследователей — К. М. Алексеевского, В. Д. Белоусова, В. В. Богацкого, А. М. Болотова, Ю. А. Бурмина, Н. М. Великого, И. И. Гладкова, А. И. Григорьевой, С. И. Гурвича, Ю. С. Данилова, В. А. Даргевич, Ф. Г. Долгова, В. П. Казаринова, С. Н. Калюжной, А. Ф. Китайника, В. В. Лаврова, А. И. Лисицына, А. М. Малолетко, И. И. Малышева, Б. Е. Милецкого, Г. С. Момджи, М. П. Нагорского, Г. В. Нестеренко, П. В. Нечаева, Н. М. Пивня, И. Н. Подопригорина, Ю. Д. Птушкина, И. Б. Санданова, А. П. Сигова, В. С. Трофимова, Г. Х. Файнштейна, В. М. Цыбульчика, В. М. Чайки и др.

Анализ имеющихся материалов позволяет следующим образом кратко охарактеризовать продуктивность разновозрастных образований.

### *Докембрий*

Наиболее ранними сооружениями азиатской части СССР являются Алданский и Анабарский щиты. Из установленных на востоке страны россыпей рассматриваемой группы древнейшие приурочены к протерозойским образованиям. В пределах восточной части Алданского щита в базальном горизонте гонамской свиты позднего докембрия обнаружены повышенные концентрации редкометальных минералов (Алексеев и др., 1962 г.). Мощность базального горизонта варьирует от 5 до 10 м. Залегает он непосредственно на кристаллическом фундаменте. В центральных частях сводовых поднятий эти отложения обычно отсутствуют вследствие трансгрессивного залегания слоев, среди которых выделяются конгломератовые и песчаниковые разности. Плохая сортировка и грубая окатанность галек, косая слоистость песчаников, трещины усыхания, волноприбойные знаки и другие признаки указывают на формирование базальных конгломератов в мелководных условиях. В базальном горизонте установлены в переменных концентрациях циркон, циртолит, малакон, причем более высокие содержания редкометальных минералов характерны для конгломератов.

В Северном Забайкалье известны метаморфизованные отложения, представленные сланцами, песчаниками и кварцитами, образующими мощную серию пород, залегающих несогласно на архейских гнейсах. В пределах этой серии выделяется свита, общей мощностью до 700 м, которая характеризуется типичными отложениями мелководья: мелко- и среднезернистыми песчаниками с отчетливой слоистостью и волноприбойной рябью на плоскостях напластования. Продуктивный горизонт мощностью 2—3 м приходится на среднюю часть разреза и прослеживается с перерывами на десятки километров. Он сложен темно-серыми мелкозернистыми полимиктовыми песчаниками, в которых наблюдаются тонкие

шлиховые прослои, состоящие из рутила, лейкоксена, ильменита, сфена и магнетита. В подчиненных количествах присутствуют циркон, апатит, турмалин.

По данным П. Рамдора (Ramdohr, 1958), для района Блайнд-Ривер (Канада) отмечаются сходные условия формирования и вещественного состава метаморфизованных древних россыпей. Значительные площади распространения отложений этой свиты создают благоприятные предпосылки для нахождения здесь подобных россыпей.

Комплексные циркон-рутиловые россыпи прибрежно-морского типа известны также в рифее Кокчетавского антиклинория. Наибольшие содержания рудных минералов отмечены в пропластках мощностью от долей миллиметра до 10—20 см. Продуктивные отложения представлены кварцитами и кварцитовидными песчаниками, образовавшимися за счет метаморфизма прибрежных песков. Общие перспективы рифейских россыпей пока не ясны.

Метаморфизованные россыпи отмечены и в рифейской толще Южного Урала и Мугоджар; перспективными для поисков являются также районы распространения древних рутилоносных комплексов пород Енисейского кряжа и Станового хребта.

### *Палеозой*

**Кембрий.** Сибирская платформа в кембрии испытывает погружение, в связи с чем к началу алданского века мелководное море занимает почти всю ее площадь. Сушей остаются лишь Восточный Саян, Прибайкалье и свод Анабарского щита.

В краевых прогибах Сибирской платформы отлагаются красочетные, главным образом аркозовые песчаники (Иркутский прогиб), глины и доломиты. Эти области представляют собой прибрежную зону с обширными плоскими дельтами и периодически осушаемыми лагунами, что позволяет рассматривать в качестве перспективных районов площади развития кембрийских мелководных терригенных отложений Прибайкалья и Иркутского прогиба.

**Ордовик.** Сибирская платформа в начале ордовика испытывала погружение с развитием в ее пределах эпиконтинентального мелководного бассейна. Среди отложений ведущую роль играют осадки литоральной зоны с часто наблюдаемыми в них волноприбойными знаками, трещинами усыхания и др.

К концу ордовика развивающаяся регрессия выводит из-под уровня моря почти всю территорию Сибирской платформы, образуя огромный материк Ангариды, в связи с чем для этого времени в качестве перспективных площадей могут рассматриваться области, сложенные песчаниками литорали, в первую очередь Иркутский прогиб и прилегающие районы Северного Прибайкалья.

**Силур.** Позднеордовикская регрессия сменяется трансгрессией раннесилурийского моря, вновь покрывающего значительную часть Сибири. Пологая суша остается лишь в районах Анабарского и Алданского щитов, в Прибайкалье, Саяне и Енисейском

кряже. Благодаря равнинному характеру суши в прибрежной зоне отлагались, главным образом, илстые осадки.

**Девон.** Воздымание континентальных массивов Азии, усилившееся в конце силура, более интенсивно продолжается в раннем девоне. Полностью осушается Сибирская платформа, возникают обширные массивы в области каледонид Западной Сибири, Центрального Казахстана, продолжается осушение Забайкалья и Алтае-Саянской области.

Особый интерес с точки зрения россыпеобразования в девоне представляет исключительная интенсивность процессов химического выветривания. Коры выветривания и красноцветный аллювий девона широко распространены на всех материках Азии.

Последующий размыв и переотложение продуктов кор химического выветривания создали благоприятные условия для формирования комплексных россыпей циркона, редкоземельных и титановых минералов в прибрежно-морских и озерно-континентальных фациях.

Благоприятные климатические условия с преобладающими регрессиями морских бассейнов в девоне несомненно привели к формированию продуктивных отложений в ряде районов азиатской части СССР. Однако изучение их практически не проводилось, в частности, по юго-восточному обрамлению Западно-Сибирской низменности. При постановке целенаправленных работ возможно открытие метаморфизованных продуктивных образований, аналогичных девонским россыпям Тимана.

**Карбон.** В каменноугольное время продолжается осушение Азии, которое к концу карбона охватывает Урал и восточную часть Русской платформы.

**Пермь.** Пермский период завершает герцинский этап развития Азии. Относительно узкий пролив сохранялся лишь между Сибирской платформой и материком Берингии в области современного бассейна Амура. Эпиконтинентальное море в виде периодически осушающегося мелкого залива существовало в Западно-Сибирской низменности и Тунгусской синеклизе. В пределах последней в течение пермского времени происходило накопление песчано-алевритовой угленосной толщи, потенциально благоприятной для формирования комплексных россыпей.

Некоторый интерес представляют также и континентальные образования перми Тенизской и Джезказганской впадин, где накапливались продукты переотложения красноцветов.

### *Мезозой*

С конца перми для Сибири наступает период континентального развития, продолжающийся до среднеюрских трансгрессий.

**Триас.** В нижнем триасе воздымание региона достигает максимума. Море, имевшее характер относительно мелководных заливов, сохранилось в Хатангском прогибе и Яно-Индибирской зоне. Здесь отлагались, главным образом, терригенные осадки.

Верхнетриасовая трансгрессия несколько расширила границы этих морей-заливов. Преобладание равнинного рельефа суши ограничивало денудацию и перемещение обломочного материала. Процессы химического выветривания, охватившие огромные пространства юго-запада азиатской части Союза, создали благоприятные предпосылки для образования продуктивных отложений в последующие эпохи.

Юра. Юрское время характеризуется большими переменами в палеогеографии Азии. В нижне- и среднеюрское время преобладал гумидный климат с широким развитием морских трансгрессий. В верхней юре интенсивность тектонических движений возрастает, особенно в области Тихоокеанского побережья.

Западно-Сибирская низменность испытывает погружение — в начале юры покрывается эпиконтинентальным морем, а в средней юре целиком переходит в область седиментации. Однако морской режим не был стабильным, в результате чего конфигурация береговой линии в условиях весьма мелкого моря подвергалась значительным изменениям.

Для Сибирской платформы характерно распространение континентальных конгломерато-алевролитовых толщ (обычно угленосных) и терригенных сероцветных осадков. Роль химического выветривания заметна только для южного обрамления (Иркутский прогиб), где в составе угленосных толщ наблюдаются прослойки каолина.

Лено-Вилюйская впадина на протяжении почти всей юры оставалась низменностью, эпизодически покрывавшейся мелким морем, и лишь к концу периода, так же как Иркутский и Южно-Якутский прогибы, она перешла в обширную аллювиальную равнину с многочисленными озерами, где происходило накопление угленосных отложений.

В пределах Иркутского бассейна в юрский период завершилось формирование кор химического выветривания и произошло заложение прогиба. Обломочный материал поступал с прилегающих приподнятых участков и за счет перемыва нижележащих отложений.

Осадочные толщи, сформировавшиеся в этих условиях, отличаются весьма сложным строением и своеобразным распределением в них россыпей. Продуктивные горизонты, приуроченные к черемховской свите северо-западной части бассейна, отличаются повышенными содержаниями ильменита, рутила и, в меньшей степени, циркона; для синхронных отложений, развитых в юго-восточной части Иркутской мульды, характерно уменьшение концентраций рудных минералов.

Генезис как юрских отложений, так и приуроченных к ним россыпей однозначно не определен. Ф. Г. Долгов (1958) считает юрские россыпи аллювиальными, что, по его мнению, подтверждается их палеогеоморфологическим положением во впадинах-долинах; ритмичностью продуктивных и вмещающих их отложений; наличием линз и прослоев песчаников среди алевролитов, углей и

углисто-глинистых образований; отсутствием на одних и тех же гипсометрических уровнях в поперечных разрезах впадин-долин закономерной смены литологических разностей осадочных образований, присущей озерным отложениям. К иным выводам пришел А. В. Китайник (1958), который относит продуктивные отложения этого района к прибрежно-озерным болотным фациям, образовавшимся за счет переотложения терригенного материала, приносимого временными водотоками. М. Н. Виниченко и И. Л. Копылевич (1973) среди россыпей района выделяют элювиальные, делювиальные и аллювиальные типы и отмечают их приуроченность к реликтам древнего пенепплена.

Все исследователи этого региона придерживаются единого мнения, что основным источником образования юрских россыпей являлись продукты коры выветривания траппов триасового возраста, представленных мелко- и среднезернистыми долеритами с апатитом, магнетитом, титаномagnetитом и ильменитом. Продуктивные отложения обычно не выдержаны по простиранию, но мощность их иногда достигает 50 м. Слоистость различная — от горизонтальной до косой, реже беспорядочная. Часто обогащенные участки отмечаются в виде локальных пятен во впадинах. В основном отмечается почти мономинеральный — ильменитовый состав тяжелой фракции. Это объясняется тем, что рассматриваемые россыпи связаны с локальными коренными источниками. В переменных количествах присутствуют рутил, циркон, магнетит, мартит, сидерит и лимонит.

Аналогичные россыпи могут быть выявлены в угленосных отложениях Присаянского прогиба, а также в Канско-Ачинском, Южно-Якутском и других угленосных бассейнах. Повышенные концентрации циркона, ильменита и рутила установлены в нижне- и среднеюрских песчаных отложениях южного борта Вилуйской впадины. Заслуживают внимания юрские мелководные фации Тувы, верхних течений рек Зеи, Селемджи и бассейна р. Селенги.

Северо-восточная Азия переживала этап геосинклинального развития с образованием характерных типов осадков, которые в целом мало благоприятны для формирования крупных россыпей рассматриваемой группы. Исключение составляют триасовые терригенные отложения обрамления Колымского массива, особенно периода рэтской регрессии, а также внутриконтинентальные впадины Яно-Индибирского и Колымского бассейнов.

Средняя Азия и Казахстан в раннеюрское время представляли собой сушу и лишь со второй половины юры происходит общее погружение, достигшее максимума к оксфордскому веку. Оксфордский бассейн Средней Азии был весьма мелким с характерными для него терригенными фациями, образованными за счет размытия кор химического выветривания, которые могут рассматриваться как потенциально-продуктивные отложения.

Мел. В меловом периоде выделяются две эпохи (первая, продолжительностью около 40 млн. лет, характеризуется аридным климатом; вторая — 30 млн. лет — гумидным), наложившие свой

характерный отпечаток на определенные регионы азиатской части СССР.

Западно-Сибирская низменность в течение всего мелового времени была покрыта эпиконтинентальным морем с нестабильной береговой линией. В полосе обрамления низменности, прилегающей к Енисейскому кряжу, Казахской складчатой стране и Уралу, морской режим часто сменялся континентальным, что приводило в условиях приморских аллювиальных равнин к накоплению красцветов и угленосных отложений. По типу осадков и условиям их седиментации ниже- и среднемеловое обрамление Западно-Сибирской низменности выделяется как одна из наиболее перспективных на древние россыпи областей Сибири.

Сибирская платформа на протяжении мелового времени представляла невысокое плато, на котором формировалась кора химического выветривания. Продукты ее размыва поступали в эпиконтинентальные бассейны Западной Сибири, Хатангской, Ленской и Рыбинской депрессий. В связи с этим прямой интерес представляет изучение (наряду с обрамлением Западно-Сибирской низменности) отложений аллювиальных равнин и зон мелководья, в первую очередь Лено-Вилюйского прогиба.

Средняя Азия и Казахстан были разделены на две области: западную, относительно низкую, где преобладали морские ландшафты и приморские равнины, и восточную — приподнятую, с соответствующим континентальным литогенезом. В позднемеловое время море охватывает все равнинные области Средней Азии. Суша сохраняется только в пределах Тянь-Шаня и отдельных районов Казахстана.

Наиболее перспективными, на наш взгляд, являются Центральные Кызылкумы, где была широко развита доверхнемеловая кора выветривания. Первоочередного внимания заслуживают участки развития сенонских и туронских отложений.

### *Кайнозой*

Палеоген. Для палеогена характерна крупнейшая трансгрессия эоцена — нижнего олигоцена, охватившая все равнинные области западной части Азии.

Западно-Сибирская низменность до среднего олигоцена была покрыта мелким эпиконтинентальным морем с однообразными осадками — глинами, опоками, трепелами и глауконито-кварцевыми песками. В конце нижнего олигоцена море покидает Западно-Сибирскую низменность, и здесь окончательно устанавливается континентальный режим.

Области Тургайского прогиба и Северного Приаралья имели несколько более высокий гипсометрический уровень, чем Западно-Сибирская низменность, и покрывались морем лишь в периоды наиболее крупных трансгрессий. В периоды регрессии эти области представляли собой плоскую приморскую равнину, незначительно возвышающуюся над уровнем моря.

Обилие терригенного материала, поступавшего в бассейн за счет размыва кор выветривания окружающих платформенных сооружений, частая смена трансгрессивных и регрессивных фаз в условиях весьма мелкого моря и наличие пологих приморских равнин создали исключительно благоприятные условия для накопления континентально-озерных и прибрежно-морских россыпей вдоль всего складчатого обрамления Западно-Сибирской низменности в Тургае и Приаралье.

В пределах этого крупного региона выделяются отдельные области развития комплексных россыпей, образующих самостоятельные провинции, преимущественно олигоценового и, в меньшей степени, эоценового возраста (рис. 19). В пространственном их размещении установлен ряд закономерностей.

В Южном Зауралье россыпи приурочены к уступу олигоценовой аккумулятивной равнины, в Среднем — наблюдается некоторая связь россыпей с поднятиями чеганского рельефа. Отмечается приуроченность продуктивных песков к выступам и поднятиям палеозойских пород. Г. С. Момджи (1960) в перспективных отложениях среднего олигоцена Южного Зауралья выделяет три минералогические провинции, отличающиеся характером и составом тяжелой фракции.

Первая провинция наследует минеральный состав тяжелой фракции кутанбулакских аллювиальных отложений олигоцена. Россыпи, связанные с этими отложениями, мелкие (талдыкский тип). Вторая провинция совпадает территориально с фациями прибрежных равнин, включающими озерные, болотные и лагунные образования кутанбулакской свиты, наследуя ее минеральный и гранулометрический состав. Россыпи отличаются значительной мощностью и большой площадью распространения (кумкольский тип). Для россыпей, относимых к третьей провинции и приуроченных к мелководным прибрежным отложениям челкарнуринских слоев, характерно относительно более высокое содержание эпидота. Область развития этих россыпей подвергалась последующим размывам. Кроме того, в тургайской



Рис. 19. Схема распространения перспективных отложений верхнего эоцена — олигоцена (палеогеографическая основа по В. М. Сеницыну).

1 — суша равнинная; 2 — суша возвышенная; 3 — море; 4 — низменность с угленосными осадками; 5 — низменность с красноцветными осадками; 6 — площади развития перспективных отложений

серии Г. С. Момджи выделяет аллювиальные россыпи, отличающиеся малыми размерами и сложностью морфологии (коскольский тип).

На основании анализа материалов по Зауралью Г. С. Момджи разработал следующую схему размещения россыпей:

1) западная зона включает пологий восточный склон Урала и Мугуджар (россыпи коскольского, талдыкского и тобольского типов);

2) средняя зона охватывает область погружения палеозойского фундамента под мезо-кайнозойские образования и характеризуется широким развитием челкарнуринских слоев, к которым приурочены россыпи кумкольского типа;

3) восточная зона расположена в пределах депрессии, сложенной морскими отложениями палеогена; олигоценая продуктивная формация почти полностью размыта. Перспективы этой зоны связываются с реликтами олигоцена (тургайский тип).

В пределах западной зоны на границе Восточно-Уральского антиклинория и Тургайского прогиба известна группа россыпей, изучавшаяся П. В. Нечаевым (1958). Источником образования россыпей послужила кора выветривания Уральского хребта. Россыпи приурочены к песчаным отложениям олигоцена и миоцен-плиоцена. В тяжелой фракции отмечаются титаномagnetит, брукит, анатаз, сфен, хромит. Соотношение ильменита, рутила (с лейкоксеном) и циркона составляет 9 : 1,1 : 1. П. В. Нечаев убедительно показал, что эти россыпи (тобольского типа) сформировались в прибрежно-озерных условиях при участии эоловых процессов.

В пределах средней и восточной зон Тургайского прогиба детально изучены два района — Аласор-Кумкольский и Тургайский. Здесь установлены россыпи различных размеров. Особенностью древних россыпей Тургая является их большая разбросанность и удаленность от областей сноса. Продуктивными являются тонкозернистые кварцевые пески челкарнуринских слоев чиликтинской свиты и лагунные фации кутанбулакской свиты олигоцена, распространенные в виде полосы шириной 40—180 км, вытянутой в меридиональном направлении на несколько сотен километров. Характерной особенностью этого района является широкое развитие дельтовых продуктивных фаций, детально изучавшихся В. С. Трофимовым (1963). Отличительной чертой этих осадков, по данным В. С. Трофимова, является линзовидная, местами наклонная или горизонтальная слоистость.

По данным И. И. Гладкова (1961 г.), с тургайской продуктивной толщей олигоцена связываются многочисленные россыпи Восточного Прииргизья и Северного Приаралья. В Восточном Прииргизье они приурочены к песчано-алевритовой фации чиликтинской свиты. Продуктивная толща обычно представлена светло-серыми или желтыми хорошо сортированными слабглинистыми алевритами или тонкозернистыми песками, гранулометрический состав которых варьирует в пределах классов  $-0,25+0,05$  мм, а рудных минералов — в классах  $-0,061+0,043$  мм. Близкие по

условиям формирования россыпи Северного Приаралья приурочены к пескам чаграйской свиты. Продуктивные отложения тургайской серии олигоцена, локализирующие отмеченные выше россыпи, прослеживаются также и к северу вдоль восточных склонов Урала к устью р. Оби. Здесь, в бассейне р. Северной Сосны, известны пески кутанбулакской свиты, обогащенные цирконом и титановыми минералами.

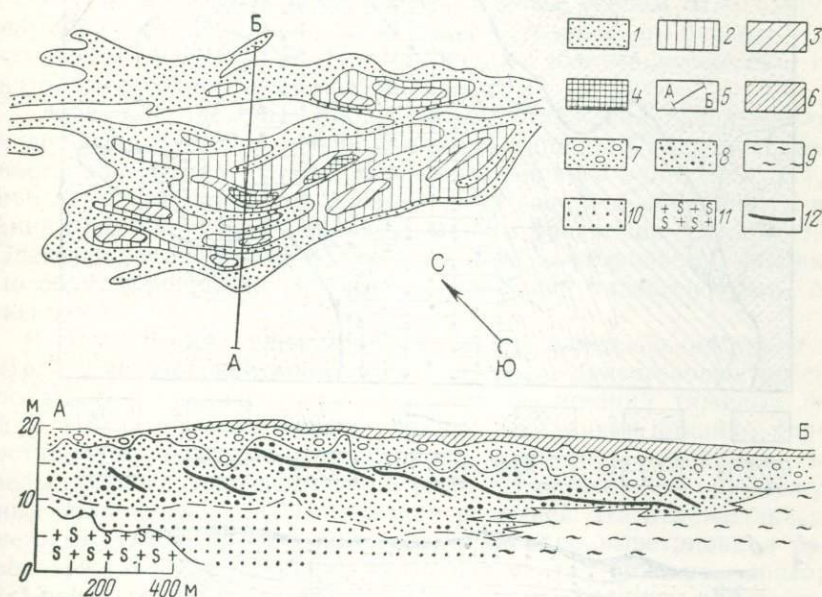


Рис. 20. Строение прибрежной россыпи, сформированной во время регрессии (по Ю. Д. Птушкину)

Содержание полезных компонентов в россыпи: 1 — очень бедное, 2 — бедное, 3 — среднее, 4 — богатое; 5 — линия профиля; 6 — четвертичные суглинки; 7 — грубозернистые пески и галечники; 8 — продуктивная толща — среднезернистые и мелкозернистые слабoglиные пески; 9 — листоватые темно-зеленые глины; 10 — кварц-глауконитовые пески; 11 — граниты; 12 — обогащенные линзы продуктивной толщи

Широкое развитие комплексных россыпей, связанных с отложениями тургайской серии западного и южного обрамления Западно-Сибирской низменности, позволило ряду исследователей выдвинуть эту область в целом как олигоценую россыпную провинцию Зауралья. К ней, очевидно, принадлежит и олигоценое обрамление Казахской складчатой страны, где известны многочисленные титано-циркониевые россыпи, среди которых наиболее интересная расположена в Павлодарском Прииртышье. Она приурочена к верхнеэоценовым-нижнеолигоценым отложениям зоны перехода Казахской складчатой страны в Западно-Сибирскую низменность. Резкая изменчивость литологического состава (от мелкозернистого до грубозернистого) и присутствие растительных ос-

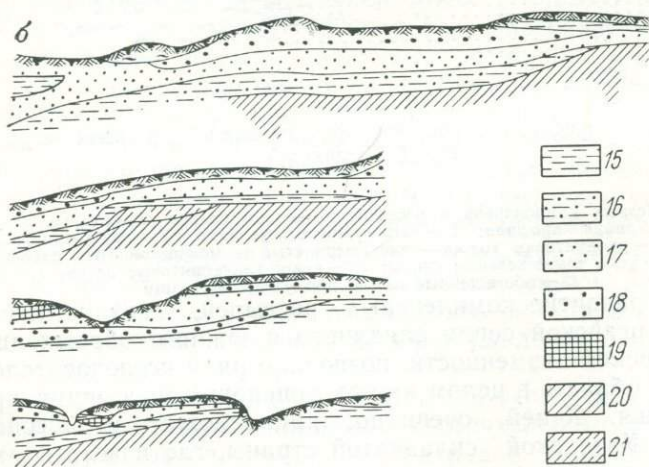
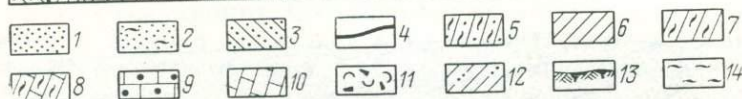
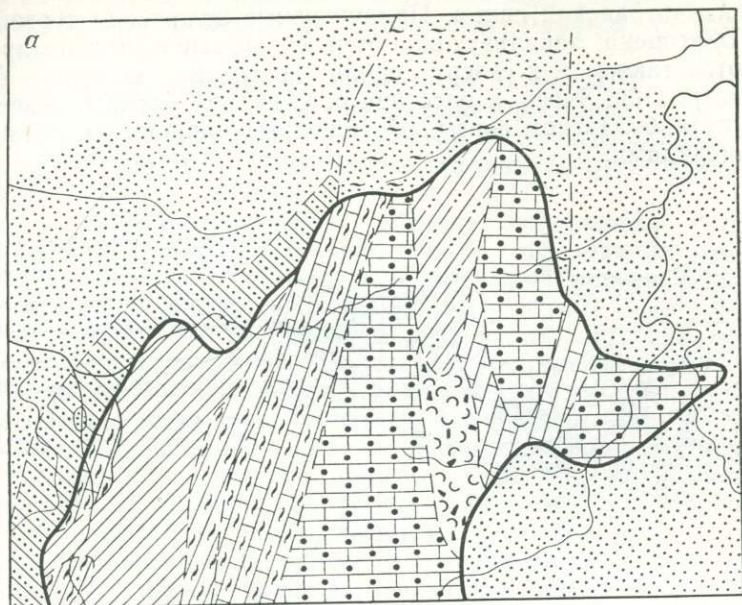


Рис. 21. Схематическая геологическая карта Том-Яйского междуречья (а) и типовые разрезы титано-циркониевых россыпей (б).

1 — пески нижнетретичного и верхнемелового возраста; 2 — аркозовые пески и глины сеноман-турона; 3 — площадь развития продуктивных отложений; 4 — контур выхода (и неглубокого залегания) палеозойских пород на дневную поверхность; 5 — глинистые сланцы и алевролиты с прослоями песчаников (коларовская толща); 6 — косослоистые песчаники и алевролиты с подчиненными горизонтами глинистых сланцев (басандайская толща); 7 — глинистые и алевролитоглинистые сланцы, в верхней части с линзами сидерита

татков свидетельствуют об отложении продуктивных образований в условиях прибрежно-аллювиальной равнины, возникшей после регрессии чеганского бассейна. Россыпь приурочена к бухтообразному заливу в рельефе палеозойского фундамента и прослеживается в виде полосы, ориентированной вдоль береговой линии лаеоморя. Характерно постоянное присутствие циркона и редкоземельных минералов. Аналогичная минеральная ассоциация отмечается и для ряда других россыпей Казахстана.

Россыпи, приуроченные к регрессивным сериям отложений, чаще образуют параллельные полосы с уклоном от берега, что отчетливо показано А. И. Григорьевой («Геология россыпей», 1965) на примере одного из районов (рис. 20).

Эоцен-олигоценые продуктивные отложения прослеживаются и далее на восток вдоль обрамления Западно-Сибирской низменности и, в частности, по периферии Томского вала (рис. 21), где они залегают близко от дневной поверхности и обнажаются в долине р. Томи и ее притоков (Гурвич, Казаринов, Хмара, 1964). Здесь широко развита реликтовая кора выветривания мощностью до 50 м, перекрытая юрскими, меловыми и палеогеновыми отложениями.

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 промежуточных коллекторов в формировании россыпей. На отложениях верхнего мела, иногда непосредственно на коре выветривания палеозоя залегают продуктивная туганская свита нижнего олигоцена (?) — верхнего эоцена. Она сложена кварц-каолиновыми песками, локализирующими серию комплексных россыпей («Закономерности..», 1960). Россыпи сложены устойчивыми к выветриванию минералами, из которых основными породообразующими являются кварц и каолинит. В тяжелой фракции преобладают циркон, ильменит, рутил; широко распространен лейкоксен. Другие минералы тяжелой фракции: анатаз, брукит, роговая обманка, эпидот, цонзит, андалузит, силлиманит, дистен, гранат, турмалин, хромпиктит, корунд, глауконит и гидрокислы железа составляют в сумме

---

(лагерно-садская толща); 8 — алеволито-глинистые и глинистые сланцы с прослоями песчаников, известняков и мергелистых сланцев (турнейские отложения); 9 — переслаивание песчаников, алеволитов и глинистых сланцев с прослоями известняков и известковистых песчаников верхнего девона; 10 — известняки, переслаивающиеся с песчаниками, глинистыми и мергелистыми сланцами (лебежанские слои); 11 — эффузивно-туфогенная толща — туфы, туфобрекчии, диабазы, авгитовые порфиры (нижний — средний девон); 12 — метаморфический комплекс — слюдяные, слюдяно-хлоритовые, тальково-серпичитовые сланцы (пермь — карбон); 13 — растительный слой; 14 — суглинок; 15 — глины; 16 — песчанистые глины; 17 — тонко- и мелкозернистые пески (продуктивный горизонт); 18 — крупнозернистые гравелитовые пески; 19 — песчаники; 20 — глинистые и песчано-глинистые сланцы; 21 — кора выветривания глинистых сланцев

Возраст	Русская платформа и ее геосинклинальное обрамление	Платформенные и подвижные области азиатской части СССР
Докембрий	Башкирский антиклинорий, Мугоджары, Кольский полуостров	Кочетавский антиклинорий, восточная часть Алданского щита, Северное Забайкалье, Енисейский кряж, Становой хребет
Ордовик	Южное обрамление Балтийского щита	Иркутский прогиб, Северное Прибайкалье
Девон	Северное и юго-восточное обрамление Воронежской антеклизы, Ульяновский выступ, Тиманское поднятие, Вольня	Юго-восточное обрамление Западно-Сибирской низменности
Карбон	Северо-западная и юго-западная части Московской синеклизы (Сафоново-Ельницкое поднятие, Труфаново-Павелецкая зона поднятий); юго-восточная часть Большого Донбасса, Днепровско-Донецкая и Львовская впадины	Колывань-Томская складчатая область
Пермь	Северное обрамление Русской платформы (район среднего течения Северной Двины)	Тенизская и Джеккаганская впадины
Юра	Токмовское поднятие (Арзамасский и Ардатовский валы); северо-восточный склон Воронежской антеклизы, Московская, Прикаспийская и Польско-Литовская синеклизы	Иркутский угленосный бассейн, Присаянский и Пристановой прогибы, Канско-Ачинский и Южно-Якутский угленосные бассейны, южный борт Вилюйской синеклизы, верховья рек Зеи и Селенджи, бассейн р. Селенги
Мел	Ранний	Юго-восточное обрамление Западно-Сибирской низменности, Вилюйская синеклиза
		Северо-восточный склон Воронежской антеклизы (Елецко-Ливненское поднятие); восточная часть Средне-Русской возвышенности и северный склон Клиско-Дмитровской гряды

Возраст	Русская платформа и ее геосинклинальное обрамление	Платформенные и подвижные области азиатской части СССР
Мел	Поздний Восточный склон Орловско-Тамбовского свода, Клинско-Дмитровская гряда, Теплостанская возвышенность, Ртищево-Морецкий и Доно-Медведицкий валы; Волынский массив, Ульянов-Саратовский и Пензо-Муромский прогибы; северная часть Польско-Литовской синеклизы, юго-западный склон Рязано-Саратовского прогиба и северо-восточный склон Воронежской антеклизы; Рязано-Саратовский прогиб и Московская синеклиза	Центральные Кызылкумы
Палеоген	Сурско-Мокшинский, Доно-Медведицкий валы и Саратовские дислокации; Украинский кристаллический щит и его обрамление; Днепровско-Донецкая впадина	Зауралье, Тургайский прогиб, Восточное Прииргизье, Северное Приаралье, обрамление Томского вала, Павлодарское Прииртышье
Неоген	Ставропольское поднятие, обрамление Украинского щита, Днепровско-Донецкая впадина	Приаралье
Четвертичный	Приазовье, Днепровско-Бугский лиман, прибрежные зоны Черного и Балтийского морей	Побережье Тихого океана и Карского моря

2—5%. В легкой фракции некоторых проб отмечаются зерна глауконита, замещающие фораминиферы. В единичных случаях наблюдаются спикулы губок.

Россыпи залегают вдоль обрамления Томского вала и прослеживаются в северо-восточном направлении с постепенным погружением в сторону Западно-Сибирской низменности. Более продуктивные пески в вертикальном разрезе приурочены к верхней и средней частям толщи. Условный «плотик» россыпи носит слабо-волнистый характер с уклоном на северо-запад в сторону низменности (см. рис. 21). Палинологические лаборатории Новосибирского геолуправления и СНИИГИМСа на основании анализа спорово-пыльцевых комплексов относят туганскую свиту к нижнему олигоцену (?) - верхнему эоцену что сопоставляется с чеганской свитой. В кровле продуктивной толщи местами встречаются сливные кремнистые песчаники мощностью от 0,2 до 6 м. Изучение этих россыпей явилось первым опытом комплексной оценки продуктивных отложений, где кроме редкометалльных и титановых минералов определенный интерес представляют попутные продукты в виде каолина, формовочных, стекольных и строительных песков (Гурвич, Казаринов, Хмара, 1964).

Область развития россыпей не ограничивается в этом регионе обрамлением Томского вала.

Многократный переувлажнение и переотложение коры выветривания и продуктивных отложений обрамления складчатого фундамента привели к концентрации рудных минералов на значительном удалении от питающей провинции. Так, в южной части Западно-Сибирской низменности россыпи отмечаются в различных стратиграфических горизонтах от мела до олигоцена (бассейны рек Тара, Вах, Тым, Кеть и др.) и прослеживаются вдоль склонов положительных структур. Наиболее интересные из них расположены в 500—600 км от обрамления Казахского нагорья.

Касаясь других районов Востока страны, следует напомнить, что в Средней Азии после датской регрессии в палеоцене началось погружение среднеазиатских равнин, сопровождавшееся широкой морской трансгрессией. В среднем эоцене морской бассейн продолжал расширяться и углубляться; море покрывало все Каракумы, Кызылкумы и широким проливом, частично захватывая Северное Приаралье, соединялось через Тургайский прогиб с Западно-Сибирской низменностью. В нижнем олигоцене море мелеет и возникают обширные отмели с архипелагами островов. Карбонатные осадки эоцена сменяются песчано-глинистыми красными. В среднем олигоцене развивается интенсивная регрессия, приводящая к осушению Кызылкумского и Каракумского массивов; море уходит за пределы Приаралья. Предшествующее развитие коры химического выветривания в Приаралье и последующий ее переувлажнение создали благоприятные условия для формирования в этих районах продуктивных отложений в верхнем олигоцене.

В пределах этой обширной области, выделяемой в самостоятельную провинцию (Великий, Милецкий, 1973 г.), выявлен ряд комплексных россыпей, кратко рассмотренных выше. Интересно отметить, что продуктивные отложения олигоцена, обнажающиеся в обрывах северного побережья Аральского озера, создают в процессе переувлажнения мелкие россыпи современного пляжа. По мере удаления по побережью от естественных выходов продуктивного олигоцена в россыпях пляжа резко снижается концентрация рудных минералов.

Неоген. В это время почти вся территория азиатской части СССР окончательно переходит к континентальному режиму. Мелководное море сохранилось лишь в западной части среднеазиатских равнин, где определенный интерес могут представлять локальные площадки песчаных мелководных осадков. Проявления россыпей известны в отложениях бурдигальского и гельветского ярусов нижнего миоцена, развитых в Приаралье на довольно значительных площадях.

Среди четвертичных и современных образований определенными перспективами отличаются прибрежно-морские отложения п-ова Таймыр. Работами А. И. Забияки, Н. И. Коробова и Л. В. Махлаева (1965 г.) показано, что продуктивность пляжа связана здесь с локальными источниками (ильменитоносными

протерозойскими сланцами), чем и обусловлено отсутствие циркона и других редкометалльных минералов. Поэтому, по мнению автора («Закономерности...», 1960), более пристального внимания заслуживают прибрежно-морские фации, залегающие в непосредственном обрамлении развитых здесь пегматитов с танталит-колумбитовой минерализацией.

Заканчивая рассмотрение азиатской части СССР, необходимо отметить, что, несмотря на бесспорные перспективы многих восточных районов, первоочередные работы должны быть сосредоточены на площадях, прилегающих к действующим и проектируемым электростанциям, что позволит значительно расширить энергоемкую редкометалльную и титановую промышленность на базе древних комплексных россыпей. Имеются реальные предпосылки на открытие новых россыпей в разновозрастных отложениях различных регионов СССР (табл. 4).

В заключение следует подчеркнуть, что древние прибрежно-морские россыпи значительно превышают по своим масштабам современные россыпи районов субэкваториальной зоны и месторождения других генетических типов.

ГРУППА РОССЫПЕЙ КАССИТЕРИТА, ВОЛЬФРАМИТА  
И ТАНТАЛО-НИОБАТОВ

Отличительной особенностью россыпей этой группы является то, что в их формировании наряду с общими геолого-геоморфологическими условиями решающая роль принадлежит определенным типам коренных источников и их пространственному положению. Иными словами, они являются локальными россыпями (авхотонными, ближнего сноса), непосредственно тяготеющими к источникам питания, которые чаще связаны с разнообразными магматическими образованиями (кислыми и субщелочными гранитоидами, ультраосновными-щелочными комплексами, карбонатитами и др.).

Характеристика различных формационных типов редкометалльных, оловорудных и вольфрамовых месторождений дана в многочисленных работах, принадлежащих В. И. Смирнову, Ф. Р. Апельцину, А. С. Бабкину, А. А. Беусу, А. М. Быбочкину, А. И. Гинзбургу, Г. Б. Жилинскому, А. В. Зильберминцу, А. С. Крючкову, О. Д. Левицкому, С. Ф. Лугову, Б. В. Макееву, М. П. Материнову, И. Я. Некрасову, Е. А. Радкевич, Н. А. Солодову, И. Н. Томсону, Б. Л. Флерову, В. К. Чайковскому, Е. Т. Шаталову, Н. А. Шило, А. Д. Щеглову и др.

Наиболее полное представление о роли различных эндогенных образований в формировании россыпей сформулировано Н. А. Шило в положении о россыпеобразующих формациях («Проблемы...», 1970). Основные типы эндогенной редкометалльной и оловорудной минерализации как возможные источники россыпей могут быть подразделены на две большие группы: оловянные (и комплексные оловянно-редкометалльные), связанные преимущественно с гранитоидами, и собственно редкометалльные (с редкими землями), ассоциирующие со сложными комплексами субщелочных, щелочных и ультраосновных-щелочных пород и карбонатитов.

Хорошо известно, что многие оловоносные и оловянно-вольфрамовые россыпи формируются за счет коренных источников, благоприятных для сопутствующей танталовой (и ниобиевой) минерализации, в связи с чем они носят комплексный характер.

Отдельные формационные типы эндогенной тантало-ниобиевой минерализации и сопровождающие их россыпи не содержат минералов олова и вольфрама. Поэтому при выделении и прогнозной оценке регионов, перспективных на обнаружение оловянно-редкометалльных или собственно редкометалльных россыпей, важное зна-

чение имеет формационный анализ оруденения, представляющий основу классификации коренных источников (месторождений, рудопроявлений) россыпей.

В свете этого представляется целесообразным рассмотреть россыпей различных минеральных видов провести по их принадлежности к определенным формационным типам источников питания.

### Глава III

#### ОЛОВОНОСНЫЕ, ВОЛЬФРАМОНОСНЫЕ И КОМПЛЕКСНЫЕ РОССЫПИ

Основными источниками питания россыпей этих полезных компонентов являются четыре ведущие формации: касситерито-вольфрамито-кварцевая, касситерито-силикатно-сульфидная и, в меньшей степени, пегматитов и оловоносных гранитов, каждая из которых объединяет несколько промышленно-генетических типов месторождений (Радкевич, 1968, 1975 г.).

Оруденение касситерито-вольфрамито-кварцевой формации, по мнению многих исследователей, является ведущим источником формирования оловоносных россыпей. Оно тесно связано с измененными гранитами, особенно с фациями грейзенов, часто образует с последними непрерывный генетический ряд и сопровождается околожильной грейзенизацией. Оруденение этой формации на территории СССР наиболее широко представлено в ряде районов Тихоокеанского пояса. В последние годы отмечаются их находки западнее Забайкалья и даже на Русской платформе. Масштабы месторождений самые разнообразные. При этом руды жильного типа отличаются обычно крупнокристаллическими формами выделений касситерита и вольфрамита. Для касситерито-вольфрамитовых месторождений, сопровождаемых околожильными грейзенами, характерны иногда повышенные концентрации тантало-ниобатов, преимущественно колумбит-танталита, реже самарскита и поликраз-эвксенита.

Даже незначительное количество сульфидов является для россыпеобразования весьма благоприятным фактором, способствующим развитию своеобразных зон окисления и дезинтеграции руд касситерита (вольфрамита). Содержания олова и вольфрама варьируют от сотых и десятых долей до первых процентов, составляя в среднем для месторождений жильного типа 0,6—1,2%, для штокверковых зон — 0,2—0,5%.

Несмотря на относительно низкое содержание полезных компонентов в месторождениях штокверкового типа (по сравнению с жильными), сопровождающие их россыпи характеризуются более крупными масштабами благодаря эрозии и переотложению больших масс оруденелых пород.

Оруденение касситерито-силикатно-сульфидной формации наиболее широко развито в молодых складчатых системах — мезозой-

ских и кайнозойских, где связано с позднеорогенными этапами тектоно-магматического развития. Часто оно приурочено к наложенным прогибам, секущим разломам, а также очаговым структурам активизированных зон. Эта формация объединяет два основных типа оловянного оруденения: турмалиновый и хлоритовый (иногда сульфидный). В целом месторождения этой формации являются существенно оловянными, хотя с турмалиновым типом иногда бывают связаны повышенные концентрации вольфрамита. Содержание олова в рудах колеблется в весьма широких пределах (обычно 0,1—3,0%) при весьма крупных масштабах месторождений. Известны многочисленные примеры формирования россыпей за счет непромышленных руд этих типов. Размер кристаллов касситерита уменьшается от турмалинового типа к сульфидному от 0,5—5 до 0,05—0,1 мм. Аналогичным образом изменяется отношение различных типов касситерито-силикатно-сульфидной формации к россыпеобразованию. Турмалиновый и хлоритовый типы оруденения часто сопровождаются крупными россыпями. Для районов с преимущественным развитием сульфидной минерализации россыпи редки.

Источники питания оловоносных и комплексных россыпей известны во многих районах мира, как в подвижных, так и в платформенных областях. Аналогичная картина отмечается и для территории СССР. За рубежом наиболее широкое развитие россыпей характерно для субэкваториальной зоны. На территории СССР многие оловоносные площади расположены в условиях современного криогенного литогенеза с преобладанием физического выветривания. Однако в ряде рудных районов устанавливаются реликты древних поверхностей выравнивания и кор химического выветривания, выступающих важнейшими критериями выявления древних россыпей.

В свете этих данных целесообразно рассмотреть основные оловоносные районы СССР с позиций древнего россыпеобразования, поскольку подавляющее большинство россыпей, приуроченных к современной гидросети, в главной своей массе уже изучены и отработаны.

## 1. Россыпи подвижных областей

### *Северо-Восток СССР*

Территория Северо-Востока СССР, являющаяся составной частью Тихоокеанского рудного пояса, характеризуется широким развитием оловянной минерализации. Основное оруденение тяготеет к складчатым структурам мезозой и Охотско-Чукотскому вулканогенному поясу. Оловоносность установлена также в пределах Корякской зоны.

Рудные тела различных месторождений характеризуются значительным разнообразием морфологии — неправильной формы залежами (Каньон, Невское, Хэта и др.), простыми и сложными жи-

лами (Бутугычаг, Валькумейское, Индустриальное, Иультинское и др.), минерализованными зонами дробления (Хениканджа, Лазо и др.), штокверковыми зонами (Первоначальное, Нагорное, Одинокое и др.).

Наиболее интересные оловянные россыпи на Северо-Востоке сосредоточены в районах развития минерализованных зон и штокверков, а также обширных рудных полей с рассредоточенной минерализацией, отличающихся большими суммарными запасами олова в рудной массе. Благоприятный режим развития рельефа, оптимальный во многих случаях уровень денудационного среза обусловили широкое распространение здесь оловоносных россыпей различных генетических и морфологических типов. 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.

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-Индигирской (Приморской) низменности, побережье Ванькиной Губы, северном подножии хребта Кулар, Западной, Центральной и Восточной Чукотки и др. В корах выветривания ряда районов установлены повышенные содержания касситерита (Апельцин, Гурвич, 1970 г.); Беспалый и др., 1970 г.; Валпетер, Лебедев, 1966; Гурвич и др., 1964, 1970 г.).

Результаты проведенных в этом регионе работ свидетельствуют о значительных перспективах выявления разновозрастных россыпей на территории Северо-Восточной Якутии, Центральной и Восточной Чукотки, а также в бассейне р. Колымы.

Северо-Восточная Якутия. На ее территории многие исследователи выделяют ряд оловоносных районов, а в их пределах отдельные рудные зоны. Характеристика их приведена в работах В. А. Биланенко, В. В. Еловских, Л. А. Мусалитина, И. Я. Некрасова, Б. Л. Флерова, О. Г. Эпова и других исследователей.

Среди известных оловоносных районов особый интерес представляет междуречье Яны и Индигирки, охватывающее значительную площадь от побережья Ледовитого океана до южных отрогов хр. Полоусного. Широкое развитие здесь россыпей обусловлено весьма благоприятными металлогеническими и геоморфологическими условиями. В этом регионе установлены многочисленные россыпи склонового, делювиально-аллювиального, аллювиального, аллювиально-пролювиального и прибрежно-морского типов.

Большинство оловоносных россыпей сосредоточено на территории Полоусного хребта, имеющего сложное и неоднородное геолого-геоморфологическое строение. Здесь терригенные морские отложения нижней — верхней юры, смятые в серию широтных и суб-

широтных складок, прорваны интрузиями гранитоидов раннемелового возраста, слагающих крупные батолитоподобные массивы: Бакынский, Ньюлку, Эликчанский, Омчикандинский, Арга-Эмнэкенский, Илин-Эмнэкенский, Махастырский и ряд более мелких.

Пространственное положение широко распространенного оловянного оруденения контролируется зонами глубинных разломов, определяющих размещение гранитоидных массивов. В пределах хребта Полоусного О. Г. Эпов (1971) выделяет несколько рудных зон, совпадающих с разломами основания мезозойд. Значительный интерес представляют зоны — Омчикандинская оловянно-вольфрамовая, Укачилканская и Куранахская оловорудные, Кадарская, Хромская и Берелехская оловянно-полиметаллические. Наиболее интересны месторождения касситерито-силикатно-сульфидной формации (Депутатское, Укачилкан, Дьяхтардах и др.), в меньшей степени — касситерито-кварцевой формации (Полярное, Одинокое и др.).

Как показали результаты исследований, проведенных в этом регионе («Кайнозойское осадконакопление...», 1971; «Условия формирования...», 1971), режим кайнозойских тектонических движений, создавших современный рельеф хребта Полоусного, различается в его восточной и западной частях. Морфоструктурный план на востоке территории в основном определился на границе нижнего и верхнего мела. В начале палеогена денудационный срез вывел на поверхность апикальные части гранитоидных массивов. В дальнейшем напряженность тектонических движений заметно ослабевает, однако вторая половина кайнозоя, начиная с миоцена, характеризуется некоторым обновлением рельефа при сохранении ранее созданного плана морфоструктур. Структурный план западной оконечности хребта в современном виде оформился только к концу палеогена. Наибольшая напряженность и дифференцированность тектонических движений характеризует вторую половину кайнозоя. Относительная молодость горных сооружений западной части хребта Полоусного подтверждается незначительным денудационным срезом, едва достигшим апикальных частей интрузивных массивов.

Асинхронность развития в кайнозое отдельных частей рассматриваемого региона наложила отпечаток на условия россыпеобразования и определила типовые отличия оловоносных россыпей в зависимости от их приуроченности к различным морфоструктурным элементам («Кайнозойское осадконакопление...», 1971).

1. Зона молодых (линейных) поднятий западной части хребта Полоусного характеризуется значительной напряженностью рельефа и относительно неглубоким срезом коренных месторождений, принадлежащих преимущественно касситерито-силикатно-сульфидной формации. В пределах этой зоны известно два оловоносных узла — Депутатский и Укачилканский, причем в последнем развиты наиболее типичные россыпи.

Укачилканская россыпь приурочена к аллювиальным отложениям V-образной долины с крутыми бортами, находящейся в ста-

дии интенсивного врезания. Днище ее выполнено валунистым аллювием мощностью не более 4—6 м. Несмотря на значительные масштабы питающего коренного месторождения и почти сплошную оловоносность склоновых отложений, в долине установлена лишь бедная аллювиальная россыпь, что характерно для молодых, интенсивно воздымающихся структур с еще незначительным денудационным срезом питающего источника.

Особый интерес представляет Депутатская россыпь (Трушков, 1971), занимающая все днище долины и приуроченная к отложениям поймы и террасы. Но в известной степени она нетипична ввиду высокого содержания касситерита в питающем ее коренном источнике и поэтому не может в полной мере характеризовать условия осадконакопления и россыпеобразования в пределах молодых поднятий западной части хребта Полоусного, где глубинная эрозия сопровождается интенсивным выносом продуктивного материала.

2. Зона древних (позднемеловых) изометричных положительных структур восточной части хребта Полоусного в зависимости от хода кайнозойской истории развития территории характеризуется проявлениями россыпей двух типов:

а) на участках, где нисходящее развитие рельефа продолжалось на протяжении всего кайнозоя и не было осложнено новыми фазами расчленения, сформировались россыпи типа Истээх-Неизвестный, находящиеся на южном крыле Верхне-Берелехского свода. Россыпи расположены в широких (до 2 км) долинах с плоским дном, постепенно переходящим в пологие (3—5°) склоны междуречий, расчлененных на систему останцовых возвышенностей. Соседние бассейны и долины соединены широкими сквозными седловинами. Мощность отложений в долинах не превышает 8 м и сокращается при переходе в область пологих склонов (до 1,5—2,0 м);

б) на участках развития оловоносных отложений древних положительных структур, сохранивших тенденцию к слабому неравномерному поднятию вплоть до четвертичного времени (Омчикандинский блок), сформировались глубокие (до 30 м) каньонообразные погребенные врезы, прослеживающиеся вплоть до самых верховьев долин I и II порядков. Наблюдаются случаи изменения конфигурации речной сети; долины приобрели асимметричное строение.

Примером является Омчикандинская оловянно-вольфрамовая россыпь (рис. 22), кратко охарактеризованная в работе Л. З. Быховского, С. И. Гурвича, Н. Г. Патык-Кара и др. («Условия...», 1971). Источники питания представлены кварцевыми, полевошпато-кварцевыми и топазо-кварцевыми жилами с касситеритом и вольфрамитом, залегающими как в метасоматически измененных кварцевых порфирах, так и среди вмещающих их среднезернистых биотитовых гранитов. Развитые здесь грейзены характеризуются повышенными содержаниями олова, вольфрама и тантала. Омчикандинская россыпь сложного генезиса и строения имеет значительную протяженность при средней ширине свыше 200 м

(«Условия...», 1971). Здесь в толще аллювиальных отложений, представленных плохо окатанными галечниками в песчано-дресвяно-глинистом заполнителе, выделяются три генерации ал-

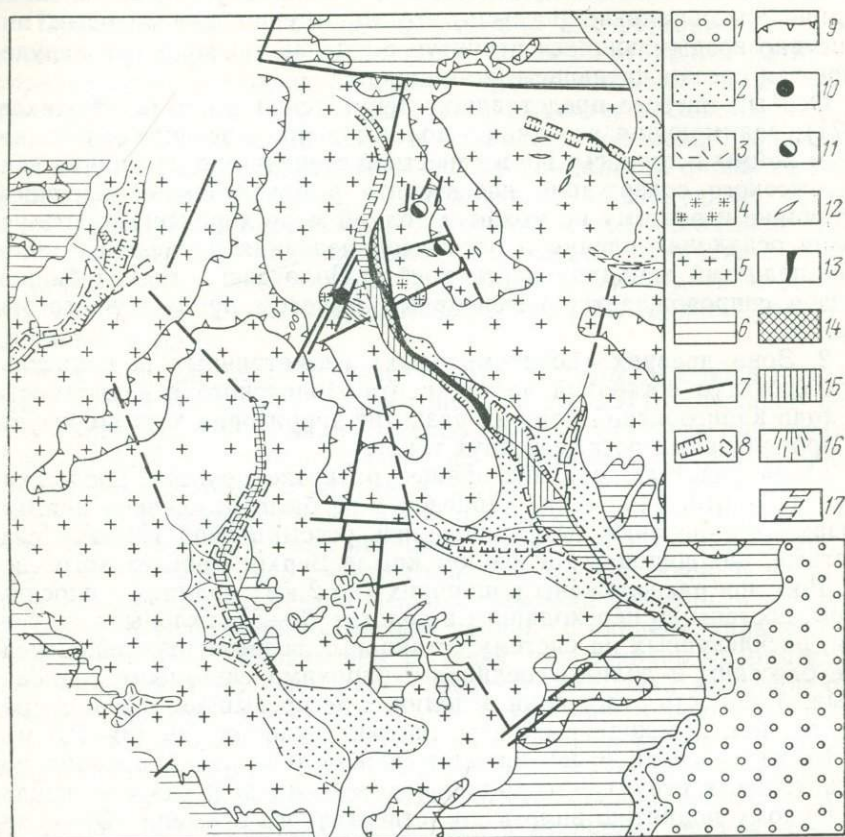


Рис. 22. Схема размещения россыпей Омчикандинского рудного узла (по Л. З. Быховскому, С. И. Гурвичу, Н. Г. Патык-Кара и др. 1971).

1 — поверхность озерно-аллювиальной аккумуляции среднеплейстоценового возраста; 2 — современное дно долин; 3 — покровы липаритов и кварцевых порфиров; 4 — малые тела метасоматически измененных кварцевых порфиров; 5 — гранитоиды омчикандинского комплекса; 6 — ороговикованные породы и роговики; 7 — разрывные нарушения; 8 — контуры древних долин, установленные и предполагаемые; 9 — мощность рыхлых отложений в метрах; 10 — древняя поверхность выравнивания, переработанная гольцовыми процессами; 11 — коренное оловянно-вольфрамовое месторождение; 12 — коренные вольфрамовые месторождения; 13 — мелкие кварцевые жилы с вольфрамитом; комплексные оловянно-вольфрамовые россыпи: 14 — долинные, 15 — террасовала, 16 — древней долины, 17 — склоновые, 18 — предполагаемые

лювия: 1) современная, приуроченная к пойме; 2) верхнеплейстоценовая (в отложениях надпойменной террасы, или террасовала); 3) верхнеогеновая-нижнечетвертичная, выполняющая древние погребенные врезы, сохраняющиеся в верховьях и бортах долин. Все три генерации аллювия металлоносны и содержат единый пласт средней мощностью 8,5 (до 20 м), в котором выделя-

ются два горизонта максимальных концентраций рудных минералов. Генетически россыпь неоднородна и включает продуктивный разновозрастный аллювий и склоновые россыпи по обоим бортам долины. Плотином россыпи служат различные гранитоиды, сильно трещиноватые, с многочисленными зонами гидротермально измененных пород. В средней и нижней частях долины фиксируются локальные максимумы (рис. 23), обусловленные, очевидно, допол-

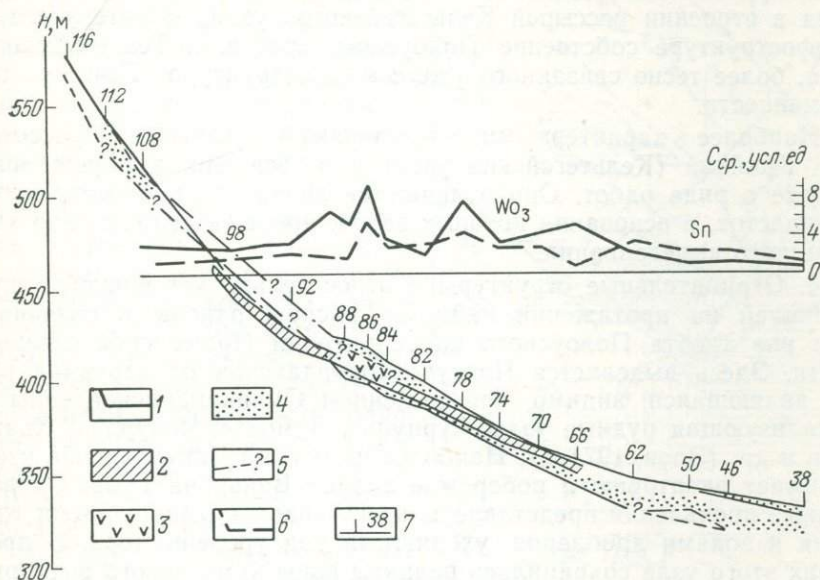


Рис. 23. График изменения концентраций олова и вольфрама в продольном разрезе р. Омчиканди.

1 — урез р. Омчиканди; 2 — долинная россыпь; 3 — россыпь террасовала; 4 — россыпь древней долины; 5 — предполагаемое продолжение россыпи древней долины; 6 — подошва аллювиальных отложений; 7 — номера шурфовочных линий

нительными источниками питания россыпи («Условия...», 1971).

Из других россыпей, развитых в пределах этого оловоносного узла, наибольший интерес представляет погребенная аллювиальная россыпь руч. Волчек. Ее особенностью является наличие мощного пласта, приуроченного к верхам 30-метровой толщи отложений, выполняющих глубокий врез в истоках ручья и перекрытых солифлюкционными шлейфами. Кроме россыпи р. Омчикандя, погребенные долинные россыпи известны в Сантайонской и Одинокской группах.

3. Зона суммарных нулевых амплитуд новейших движений на сочленении хребта Полоусного и Приморской низменности совпадает с Омчикандинской рудной зоной. Здесь выделяются Кельтегейский и Тенкелийский оловоносные узлы. Основные источники питания россыпей — многочисленные рудопроявления жильного

типа, преимущественно касситерито-кварцевой формации, грейзенизированные и альбитизированные граниты и пегматиты.

Блоковое строение зоны, проявившееся в чередовании поперечных поднятий типа Чохчурской гряды с относительно стабильными блоками и малоамплитудными впадинами-грабенами, осложняющими склоны примыкающих с юга поднятий, определило заметные различия в условиях осадконакопления и россыпеобразования этой внешне однородной области. Эти различия четко проявляются в строении россыпей Кельтегейского узла, тяготеющего к морфоструктуре собственно Полоусного хребта, и Тенкелийского узла, более тесно связанного уже с морфоструктурой Приморской низменности.

Наиболее характерными примерами являются россыпи руч. Крайний (Кельтегейский узел) и р. Тенкели, детально описанные в ряде работ. Они отличаются значительными мощностями пластов, в основании которых зафиксированы реликты кор химического выветривания.

4. Отрицательные структуры с относительно устойчивой аккумуляцией на протяжении кайнозоя распространены в основном уже вне хребта Полоусного на территории Приморской низменности. Здесь выделяется Чохчуро-Чокурдахская оловорудная зона, являющаяся, видимо, продолжением Омчикандинской зоны и локализирующая рудные узлы Чурпунья, Зимовье, Чокурдах, Хаарстан и др. (Эпов, 1974 г.). Наиболее известный Чокурдахский узел занимает акваторию и побережье залива Ванькина Губа. Оловорудные проявления представлены здесь кварц-турмалиновыми жилами и зонами дробления, уходящими под уровень моря. В пределах этого узла сохранились реликты коры химического выветривания, развитие которой на ряде участков зафиксировано непосредственно по рудоносным породам. На территории узла установлены склоновая, ложковая и пляжевая россыпи, а также донная россыпь в акватории залива, охарактеризованные К. С. Агеевым, В. Г. Беспалым и др. («Проблемы...», 1970).

Не останавливаясь на характеристике других оловоносных площадей Северо-Восточной Якутии, освещенной в работах В. А. Биланенко, И. О. Бородянского, Л. З. Быховского, М. А. Гришина, А. А. Замараева, О. А. Иванова, Г. Ф. Павлова, Л. А. Мусалитина, Ю. Н. Трушкова, К. В. Яблокова и других, отметим лишь, что этими исследователями выделяется еще целый ряд перспективных районов. В частности, среднее течение р. Яны характеризуется наличием многочисленных оловорудных месторождений и рудопроявлений, в том числе полей интенсивно измененных гранитоидов (литоинит-кварц-альбитовых апогранитов), свидетельствующих об их потенциальной оловоносности и танталоносности.

В пределах других оловоносных районов (Южно-Янский, Верхне-Индигирский, Южно-Верхоянский) еще с 40-х годов известны многочисленные касситеритовые и касситерит-вольфрамитовые россыпи.

Среди россыпей - новых генетических типов, установленных в Северо-Восточной Якутии, заслуживает упоминания озерная россыпь (рис. 24), выявленная в Бакинском оловоносном узле, в Северо-Янском районе (Быховский, Гурвич, Патык-Кара, 1971).

Особые трудности для дальнейших поисков древних россыпей представляют районы Яно-Инди-гирской низменности, где основная перспективная территория перекрыта чехлом озерно-болотных отложений, в связи с чем здесь необходимо широкое проведение комплексных палеогеоморфологических и геофизических исследований.

**Центральная Колыма.** Эта территория, геологически приуроченная к южному окончанию Яно-Колымской складчатой системы, характеризуется развитием преимущественно мелких россыпей («Проблемы...», 1970). Основными оловоносными районами в пределах Центральной Колымы являются Верхне-Колымский, Оротуканский и Омсукчанский.

В Верхне-Колымском районе оловорудные месторождения представлены касситерито-кварцевой (Бутугычаг) и касситерито-силикатно-сульфидной (им. Лазо, Хениканджа, Богатырь и др.) формациями. Реже встречаются месторождения касситерито-сульфидной, пегматитовой и скарновой формаций, за счет которых формировались преимущественно средние и мелкие россыпи (руч. Лазо и р. Дерье-Юрега, руч. Таежного, ряда притоков р. Суксукан). Среди них наиболее интересной является Хетинская россыпь, образовавшаяся за счет разрушения одноименного месторождения касситерито-сульфидной формации. Она обрабатывалась в начале 40-х годов. Длина ее составляла около 10 км. При этом промышленные пласты располагались на разных гипсометрических уровнях долины. Этот пример свидетельствует о том, что при благоприятных геоморфологических условиях разрушение даже касситерито-сульфидных месторождений может приводить к образованию промышленных россыпей.

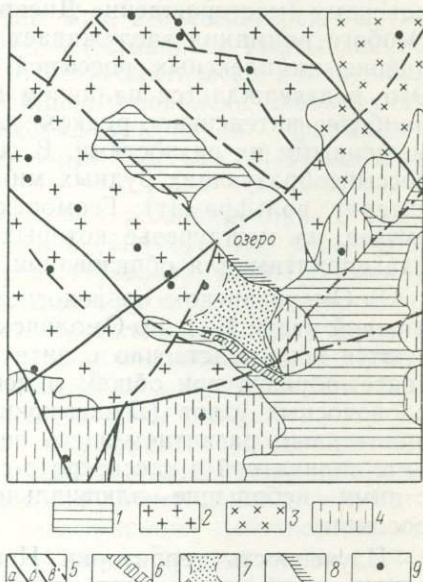


Рис. 24. Схема геологического строения Бакинской котловины.

1 — четвертичные озерные и озерно-аллювиальные отложения; 2 — гранитоиды омчикандинского комплекса; 3 — гранодиориты арга-эмнекенского комплекса; 4 — орговикованные породы верхней юры; 5 — разрывные нарушения: а — установленные, б — предполагаемые, в — вскрытые под рыхлыми отложениями; 6 — аллювиальная россыпь; 7 — оловоносные солифлюкционные отложения; 8 — озерная россыпь; 9 — рудопроявления олова

Оротуканский рудный район занимает территорию бассейнов рек Нереги и Средникана. Коренные источники представлены касситерито-кварцевой, пегматитовой и касситерито-силикатно-сульфидной формациями. Здесь известны как мономинеральные касситеритовые, так и касситерито-вольфрамитовые россыпи. Они развиты по руч. Туманному (Климовское месторождение), Таежник, Кинжал, Лев, Крохалиный (месторождение Кинжал), Днепро-ровскому (месторождение Днепро-ское) и др. (Чайковский, 1960). Особого внимания заслуживает возможность выявления в этом районе комплексных россыпей касситерита и тантало-ниобатов. Это подтверждается наличием полей гранитных пегматитов, где наиболее интенсивное редкометальное оруденение связано с замещенными их разностями. В составе пегматитов установлен ряд россыпеобразующих рудных минералов (колумбит, танталит, касситерит, вольфрамит). Геоморфологические условия в бассейне ручьев, на междуречье которых расположено пегматитовое поле, благоприятны для образования россыпей.

В Омсукчанском оловоносном районе приуроченном к юго-восточной части Колымо-Омолонского массива, рудные тела локализируются непосредственно в интрузивах или в ближайшем экзоконтакте, образуя при общем линейном размещении оруденения ряд оловоносных узлов (Джагынский, Галимовский и др.). Преимущественным развитием здесь пользуются месторождения касситерито-силикатной и касситерито-сульфидной формаций и связанные с ними небольшие элювиально-делювиальные и аллювиальные россыпи.

Изученность территории Центральной Колымы на оловоносные россыпи еще недостаточна и отмеченные площади заслуживают постановки ревизионных работ.

**Чукотка.** Выявленные к настоящему времени на Чукотке оловоносные россыпи сосредоточены в пределах Верхояно-Чукотской металлогенической провинции и обусловлены широко развитой здесь эндогенной оловорудной минерализацией.

Различным аспектам россыпной оловоносности Чукотки посвящены опубликованные работы Н. А. Шилов, Ф. Р. Апельцина, С. Н. Желнина, В. Г. Беспалого, А. П. Валпетера, Л. Б. Ворониной, С. И. Гурвича, Б. Н. Ерофеева, И. П. Карташова, С. Ф. Лугова, Г. Ф. Павлова, Л. В. Спорыхиной, Ф. Э. Стружкова, В. Б. Терентьева, В. Г. Ульста, П. П. Утина, Т. П. Шевцова, В. Я. Шолмина, Ю. В. Шумилова и других исследователей.

В соответствии с особенностями геолого-геоморфологической обстановки в пределах Чукотки развиты следующие генетические типы оловоносных россыпей: элювиальные, элювиально-делювиальные и солифлюкционные (склоновые), делювиально-аллювиальные, аллювиальные, флювиогляциальные и прибрежно-морские.

По совокупности благоприятных геологических и структурно-геоморфологических факторов в пределах Чукотской складчатой области выделяются два россыпных района — Чаунский и Амгуэм-

ский, включающие многочисленные рудные узлы и участки с широким развитием оловоносных россыпей.

Чаунский оловоносный район прослеживается от Чаунской губы на западе до бассейна р. Куэквунь на востоке. Оловянное оруденение принадлежит преимущественно к касситерито-кварцевой и касситерито-силикатно-сульфидной формациям и локализовано как в пределах интрузивных массивов, так и в зонах их экзоконтактов. Местами отмечается быстрая смена минерализации даже в пределах одного рудного узла. Так, в бассейне рек Гыргычан, Куйвивеем, Апапельхин, Ергувеем (Куйвивеем-Гыргычанский узел) наряду с рудопроявлениями в метасоматически измененных гранитах (апограниты, грейзены) широко проявлена оловорудная минерализация касситерито-силикатно-сульфидной формации, с которой связаны наиболее интересные россыпи («Некоторые особенности...», 1969).

В размещении интрузивных массивов и ассоциирующих с ними месторождений и рудопроявлений олова существенную роль играют разрывные нарушения (Стружков, Терентьев, 1969). В местах пересечения разломов субмеридионального и субширотного направлений локализуются рудоносные гранитоидные интрузивы и связанные с ними месторождения, группирующиеся в рудные узлы (Певекский, Пырकाкайский, Куйвивеем-Гыргычанский, Пытлянский, Лево-Пегтымельский, Куветский, Биллингский).

Район имеет сложное структурно-геоморфологическое строение. В пределах слабо расчлененного рельефа относительно стабильных или слабо опущенных морфоструктур сохранились в погребенном состоянии фрагменты кор выветривания дочетвертичного возраста (бассейны рек Кэвеем, Млелювеем, Пегтымель, мыс Биллингса, руч. Черный, Долинный, Гытойгынвеем и др.).

Среди россыпей континентального ряда наиболее широкое распространение имеют россыпи аллювиального типа, менее развиты ложковые и склоновые. Они отличаются большим разнообразием морфологии и условий залегания, что наиболее отчетливо можно проследить на примере россыпей выделенной нами Пырканайской (Центрально-Чукотской) зоны («Новый район...», 1969). Кроме широко известных на Чукотке долинных россыпей здесь установлены россыпи погребенной гидросети, солифлюкционного и прибрежно-морского типа.

Пырканайская зона прослеживается в виде узкой полосы на протяжении около 200 км и совпадает с положением глубинного одноименного разлома, проходящего в северо-восточном направлении через бассейны рек Пегтымель, Кувет, Кусьвеем до морского побережья (рис. 25). Разлом является секущим по отношению к основным складчатым структурам региона. Положение его отмечается выходами разнообразных по форме гранитоидных массивов и даек различного состава.

На участках пересечения Пырканайской зоны с разломами северо-западного (субширотного) простирания выделяются три оловоносных узла: Лево-Пегтымельский, Куветский и Биллингский

(«Новые данные...», 1975). Источники питания представлены здесь как кварцевыми жилами и штокверками, так и минерализованными зонами дробления (Лево-Пегтымельский и Куветский узлы), грейзенами, метасоматически измененными гранитами и, возможно, скарнами (Биллингский узел), несущими неравномерную вкрапленность касситерита и сопутствующих редкометаллических минералов.

Рассматриваемая оловоносная зона проходит через несколько структурно-геоморфологических областей, характеризующихся спецификой проявления неотектонических движений, разнообразием форм и типов рельефа — от континентального альпийского и эрозионного расчлененного среднегорья до плоских и заболоченных приморских аккумулятивных равнин.

Отличительной чертой неотектонического развития территории является чередование относительно поднятых и опущенных блоков, наличие молодых поднятий — областей энергичного сноса и некомпенсированных наложенных впадин — местных коллекторов рыхлых отложений. Такое мозаичное строение района сыграло положительную роль в накоплении рыхлого материала вблизи объектов активной денудации, препятствуя транзитному выносу продуктов разрушения за пределы локальных площадей.

Южная часть территории приурочена к крылу обширного неотектонического Куветского свода, отличающегося наиболее интенсивным неотектоническим поднятием (Спорыхина и др., 1971). Суммарная амплитуда его воздымания оценивается в 1400—1600 м (Наймарк, 1966).

К северу от Куветского свода положительным структурам принадлежит второстепенная роль по сравнению со стабильными и относительно опущенными блоками. Погребенный рельеф, установленный в этой части территории, связан с участками унаследованных погружений. Здесь же нами отмечены реликты древних кор химического выветривания («Региональные типы...», 1970).

Неоднородность структурно-тектонического строения территории обуславливает также неоднородность и сложность ее геоморфоло-

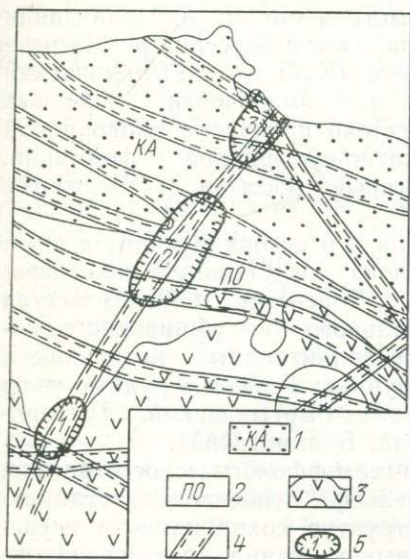


Рис. 25. Схема размещения оловоносных узлов в пределах Пырканайской зоны (Тектоническая основа по М. Б. Рыбакову и В. Б. Теретьеву). 1 — Куульский антиклинорий; 2 — Переходная область; 3 — Охотско-Чукотский вулканогенный пояс; 4 — зоны разломов глубокого заложения; 5 — оловоносные узлы (1 — Лево-Пегтымельский, 2 — Куветский, 3 — Биллингский)

гического плана. С юга на север абсолютные отметки убывают от 1110 м до 0. Соответственно изменяется и рельеф, который в районе мыса Биллингса переходит в приморскую равнину, обрамленную лагунным поясом.

В соответствии с разнообразием геоморфологического строения распределение россыпей по генетическим типам в пределах Пырканайской зоны неравномерное.

Для Лево-Пегтымельского оловоносного узла (рис. 26) характерно развитие россыпей двух разновозрастных групп — верхнеплейстоценовых, связанных с отложениями погребенных каньонов, и нижнеголоценовых в долинах с нормальной мощностью аллювия, являющихся типично пойменными образованиями.

Погребенные россыпи установлены по ручьям Серый, Умкрынет и их притокам (рис. 27). В частности, погребенный каньон руч. Серого заложен по минерализованной тектонической зоне с сохранившимися реликтами линейной коры химического выветривания. Россыпь, залегающая на глубине свыше 20 м, приурочена к приплотиковой части аллювия ( $Q_{III}^{1-3}$ ) и представлена крупным, несортированным, слабо окатанным галечником, содержащим до 15% мелких и средних валунов и до 20% сильно выветрелого щебня. Обломочный материал сцементирован характерным ярко-желтым суглинком, содержание которого варьирует от 25 до 40%. В целом для россыпи характерно присутствие разных классов крупности слабо окатанного касситерита, но основную часть (60—70%) составляют фракции 0,25—2,0 мм. Оловоносные россыпи более мелких ручьев Лево-Пегтымельского узла — Разлом, Рудный, Жильный, Рогаты и другие имеют сходное строение долин и близкую морфологию продуктивных образований. Здесь же необходимо отметить, что по правобережью р. Пегтымель намечаются перспективы выявления погребенных россыпей в обрамлении Матенвунайского массива.

Куветский оловоносный узел занимает подобное структурно-геоморфологическое положение. Известные россыпи тяготеют к склонам горста, обрамленного сопряженными впадинами. Источниками питания россыпей являются кварц-турмалиновые жилы, грейзены и в меньшей степени пегматиты. В россыпи руч. Незаметного сложного двухъярусного строения нижний пласт приурочен к погребенному врезу, а верхний — к современной пойме ручья.

В пределах Биллингского оловоносного узла установлены россыпи трех генетических типов — делювиально-солифлюкционные, аллювиальные и прибрежно-морские. Они локализируются в долине руч. Черный и на участке Прибрежный.

Россыпь руч. Черного, расположенная в южном экзоконтакте Велиткенайского массива, относится к погребенным россыпям долинного типа. Плотиком ее являются в верховьях граниты, а ниже по долине — глинистые сланцы и песчаники. Породы плотика сильно изменены и представлены щебнисто-глинистыми образованиями охристо-желтого цвета мощностью 8—10 м, являющимися, по-видимому, реликтами кор химического выветривания палеоген-

миоценового возраста, который отвечает времени регионального развития поверхностей выравнивания и кор выветривания на Чукотке (Баранова, Бискэ, 1968). Продуктивными являются делюви-

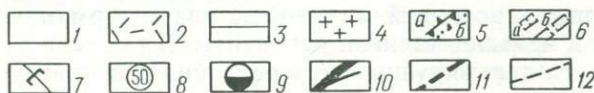
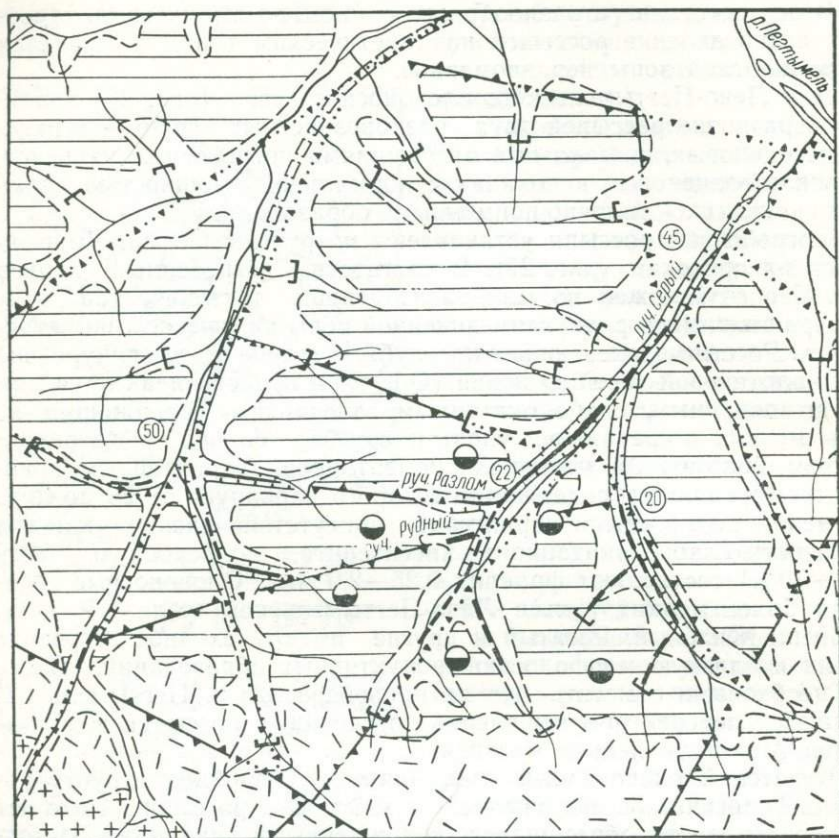


Рис. 26. Схематическая геологическая карта Лево-Пегтымельского оловоносного узла.

1 — четвертичные отложения; 2 — эффузивы алькаквунской свиты (ранний мел); 3 — терригенные осадочные отложения карийского яруса (верхний триас); 4 — субвулканические гранитоиды повышенной основности (ранний мел); 5 — разломы: а — подовленные неотектоническими движениями, б — то же, скрытые под четвертичными отложениями; 6 — погребенные каньоны: а — установленные, б — предполагаемые; 7 — участки предполагаемого распространения погребенной гидросети; 8 — мощности рыхлых отложений; 9 — коренные источники олова; 10 — установленные оловоносные россыпи древних каньонов; 11 — предполагаемые россыпи древних каньонов; 12 — геологические границы

ально-аллювиальные и аллювиальные щебнисто-галечные отложения, сцементированные желто-бурой глиной. В разрезе пласт фиксируется четко как по литологическому составу, так и по вы-



соким средним содержаниям касситерита, который относительно равномерно распределен в продольном разрезе россыпи. Повышенной мощности торфа (10—15 м), перекрывающие продуктивный пласт, повсеместно слабо оловоносны. В верховьях ручья в разрезе выделяется второй оловоносный пласт, который по нашему мнению, связан с другими источниками питания («Новые данные...», 1975).

На участке Прибрежный установлены три оловоносные россыпи — Восточная, Западная и Пляжевая.

Восточная россыпь принадлежит к делювиально-солифлюкционному типу и в плане представляет собой неправильной формы тело длиной около 1300 м при ширине от 200 до 500 м («Новые данные...», 1975). Отдельными выработками в плотике вскрыты зоны сильно трещиноватых и раздробленных гидротермально измененных пород. Ниже пересечения россыпью этих зон отмечается резкое увеличение средних содержаний и размерности касситерита. Предполагаемое участие минерализованных зон в питании россыпи (коренные источники пока не установлены) подтверждается анализом крупности касситерита, изменения его концентраций и линейных запасов в пласте и торфах по методике, предложенной автором (1968 г.). Продуктивные делювиально-солифлюкционные отложения этой россыпи представлены дресвяно-щебнисто-глинистым материалом, содержащим жильные льды. В прибрежной части в составе рыхлого материала появляется небольшое количество гальки. Мощность продуктивных отложений возрастает с юга на север от 5—6 до 10—11 м. Пласт отбивается нечетко и характеризуется весьма неравномерным распределением касситерита как в разрезе, так и в плане.

Западная россыпь является погребенной аллювиальной россыпью долинного типа. Она прослежена в виде прямолинейного контура, примыкающего к морскому побережью и не совпадающего с современной гидросетью. Долина заполнена аллювиальными и делювиально-аллювиальными отложениями верхнечетвертичного возраста, испытавшими частичный переотложенных морских диатомей. С поверхности залегают более молодые делювиально-солифлюкционные образования. Суммарная мощность рыхлой толщи составляет 12—17 м. Продуктивный пласт здесь отбивается более четко, чем в Восточной, и приурочен к приплотиковой части разреза. Окатанность касситерита в целом слабая, причем встречаются совершенно неокатанные обломки, что свидетельствует о незначительной их транспортировке от коренных источников, хотя последние пока не установлены.

Восточная и Западная россыпи, сочленяясь в непосредственной близости от современной береговой линии, образуют общий по площади контур и дают начало россыпи, установленной в зоне пляжа. При выходе на побережье погребенной Западной россыпи наблюдается ее совпадение в плане с современной россыпью пляжа, залегающей стратиграфически выше и сложенной илесто-гли-

нистыми и песчаными отложениями с примесью гравия и гальки в самых верхах разреза. Касситерит отличается хорошей окатанностью и мелким размером зерен ( $-0,25$  мм). К западу от этого участка повышенные концентрации касситерита фиксируются в лагунных отложениях в виде обособленных линз и струй, залегающих на разных гипсометрических уровнях — от  $-14$  до  $+16$  м (абсолютной высоты), что связано с неоднократным перемещением береговой линии (рис. 28).

На территории рассматриваемого узла и прилегающих площадях имеются еще перспективы выявления континентальных россыпей, связанных преимущественно с погребенной гидросетью, и в меньшей степени прибрежно-морских, в том числе в пределах лагунного пояса. Принимая во внимание длительный период накопления оловоносных отложений в прибрежной полосе, обнаружение новых россыпей можно ожидать на подводном склоне, в пляжевых и террасовых образованиях различных уровней.

Необходимо подчеркнуть, что оловоносность пляжевых отложений является в ряде случаев также характерным понсковым признаком, указывающим на вынос касситерита в береговую зону из континентальных россыпей, погребенных в пределах приморской низменности («Перспективы выявления...», 1969).

Заканчивая характеристику россыпей Пырканайской зоны, следует отметить, что их минеральный состав изменяется довольно закономерно.

Для россыпей Лево-Пегтымельского узла, граничащего с вулканогенным поясом, характерен довольно простой минеральный состав (касситерит, турмалин, хлорит, гематит, арсенопирит, лимонит, иногда деревянистое олово).

В пределах Куветского узла, наряду с касситеритом, турмалином, гематитом и сульфидами, отмечаются вольфрамит, шеелит, топаз и флюорит, а среди аксессуарных — тантало-ниобаты и редкоземельные фосфаты, появление которых в россыпях вызвано наличием грейзенов, метасоматически измененных гранитов и пегматитов.

Для россыпей Биллингского оловоносного узла характерен еще более широкий набор минералов, включая знаки золота, вольфрамита, шеелита, хризоберилла, малакона, цирколита и различных тантало-ниобатов (эвксенита, колумбита, приорита, пирохлора, лопарита). В ассоциации с флюоритом и топазом отмечаются ставролит, дистен, силлиманит. Здесь в питании россыпей наряду с минерализованными зонами значительная роль принадлежит метасоматически измененным гранитам, грейzenам, пегматитам и контактово-метаморфизованным породам («Новые данные...», 1975).

Таким образом, в пределах Пырканайской зоны развиты россыпи различного минерального состава, возраста, строения и генезиса, которые тяготеют к единой линейной структуре, что позволяет целенаправленно концентрировать поисковые работы.

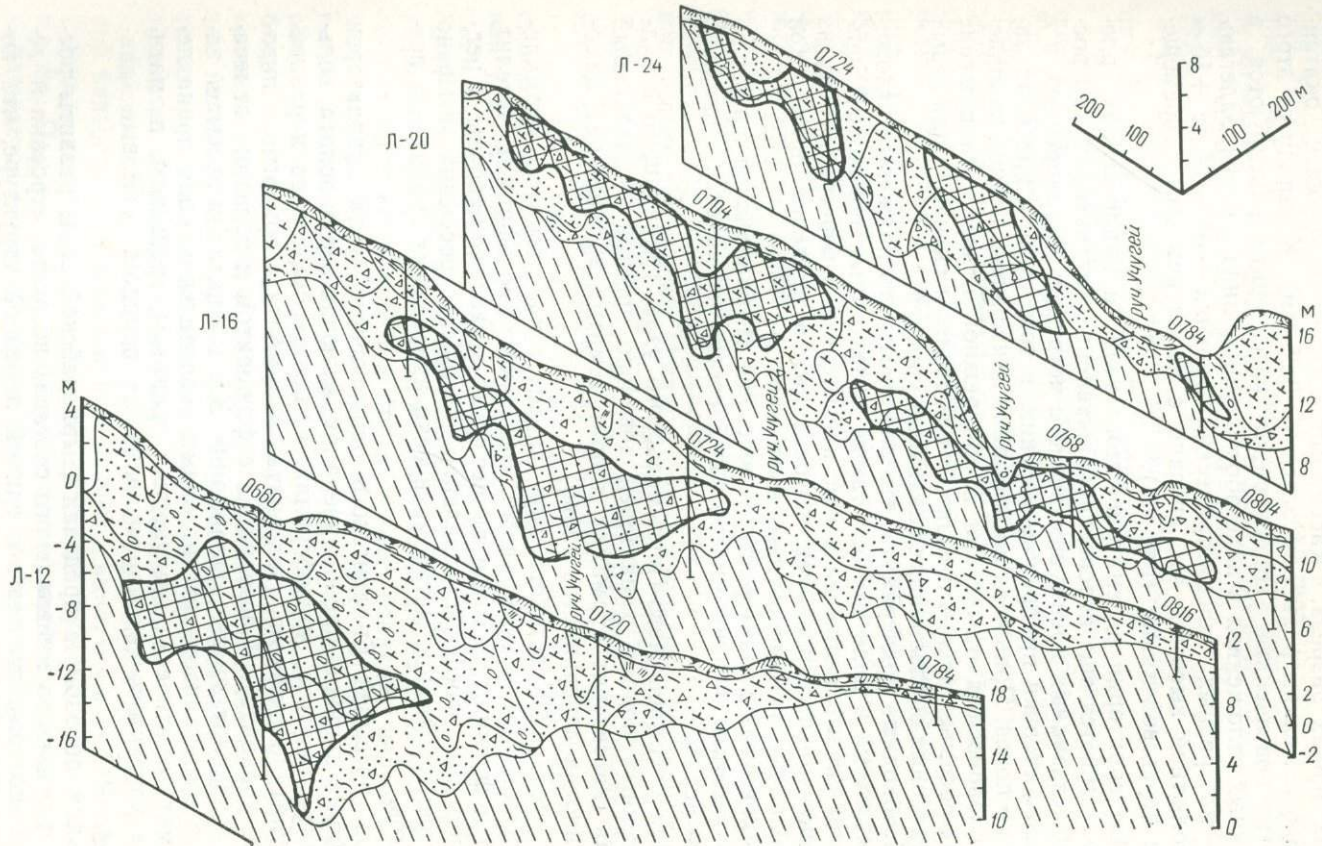


Рис. 28. Лагунная россыль.  
Условные обозначения см. на рис. 27

Не останавливаясь на характеристике россыпей других оловоносных узлов Центральной Чукотки (Куйвием — Гыргычанского, Пыркайского, Тамнеквуньского и др.), отметим лишь, что они также тяготеют к линейным зонам и в зависимости от локальных особенностей неотектонического режима приурочены к долинам тех или иных порядков. При этом отчетливо проявляется неравноценная продуктивность долин различных порядков. Подсчет удельной оловоносности в пределах основных узлов Центральной Чукотки показал, что если в долинах I порядка средняя удельная оловоносность составляет 51 усл. ед. км, то в долинах II порядка — 112; III — 127; IV — 153 и V — 356.

Близкая картина отмечается и в распределении запасов (в усл. %): долины I порядка заключают 7,2; II — 11,3; III — 13,0; IV — 34,8 и V — 33,7. Несмотря на относительно ограниченное развитие россыпей в долинах IV и особенно V порядков, они концентрируют преобладающие запасы касситерита.

Среди других оловоносных районов Чукотки выделяется также Амгуэмский (Восточная Чукотка), который прослеживается от бассейна р. Куэквунь на западе до р. Амгуэма на востоке. Он приурочен к восточному окончанию Чукотской складчатой области и характеризуется довольно сложным геологическим строением. Здесь широко развиты пермо-триасовые осадки геосинклинального комплекса, в ядре антиклинальных структур которых обнажаются нижнекаменноугольные терригенно-карбонатные породы. Развитые на этой территории рудопроявления и месторождения олова преимущественно касситерито-кварцевой формации генетически связаны с гранитоидным магматизмом нижнемелового возраста (Лугов и др., 1972).

Район имеет весьма разнородное геоморфологическое строение, обусловленное приуроченностью его к сложной структуре Экиатапского хребта, характеризующейся интенсивным проявлением сводово-блоковых неотектонических движений. Рельеф территории отличается довольно сильной расчлененностью и несет отчетливые следы ледниковой экзарации.

Подавляющее большинство известных оловоносных и комплексных касситерит-вольфрамитовых россыпей сосредоточено в пределах Иульгинского, Северного, Тенкергинского и Экугского рудных узлов, приуроченных к Куэквунь-Иульгинской зоне (Лугов и др., 1972; Блинов и др., 1975). Известны также россыпи (руч. Седой и др.) в Право-Экиатапском узле, где рудоносные зоны и жильные тела по минеральному составу отвечают касситерито-силикатной формации. Наиболее изучен Иульгинский рудный узел, расположенный на юго-восточной оконечности Экиатапского хребта и приуроченный к одноименному сводовому неотектоническому поднятию умеренной амплитуды, осложненному блоковыми движениями. Неоднородное поднятие обусловило различный денудационный срез, в связи с чем при развитии широкой площадной оловорудной минерализации россыпи группируются лишь на отдельных локальных участках (Иульгинском, Чаантальском, Лазурном,

Долинном и др.). Они отличаются по условиям залегания, морфологии продуктивных горизонтов, времени образования и генезису. Непосредственно в пределах Иультинского участка, охватывающего рудное поле одноименного месторождения, развиты склоновые, делювиально-аллювиальные, аллювиальные и флювиогляциальные россыпи (Блинов и др., 1975).

Делювиально-аллювиальные россыпи ручьев Рудный Лог; Малышка, Коренной и других имеют простую морфологию и залегают близко от поверхности. Однако основная роль принадлежит аллювиальным россыпям долин Иультин и Ленотап, являющимся сложными многоярусными образованиями, где наряду с пластами, выходящими на поверхность, известно несколько погребенных горизонтов в переуглубленных частях долин, имеющих плиоцен-раннеплейстоценовый и ранне-позднеплейстоценовый возраст. Особенностью этих россыпей является крайняя невыдержанность по простиранию, связанная, видимо, как со сложными гидродинамическими условиями, включая флювиогляциальную деятельность в период формирования россыпей, так и со значительной крупностью касситерита и обилием сростков, беспорядочно распределенных по всей продуктивной толще.

В пределах Северного рудного узла (в отличие от Иультинского) встречаются только россыпи, залегающие близко от поверхности, что обусловлено особенностями геоморфологического развития этой территории.

Несколько слабее проявлена россыпная оловоносность на территории Тенкергинского и Экугского узлов, где известны аллювиальные и делювиально-аллювиальные россыпи простой морфологии в долинах руч. Волчий, Зеленый, Медвежий.

Находки новых россыпей по рекам Экиатап, Куэквунь и особенно в бассейне р. Чаантальвеергын, включая реки Телекай, Мымлереннет, Чануан и их притоки, подтверждают перспективность еще недостаточно изученного Амгуэмского района на выявление как современных, так и погребенных россыпей.

Среди других территорий Чукотки выделяется Ичаткинская зона (Аньюйская складчатая область), где наряду с рудопроявлениями касситерито-кварцевой формации известны оловоносные зоны дробления и жильные тела касситерито-силикатно-сульфидной формации. Неясными пока остаются перспективы Восточной Чукотки в районе заливов Лаврентия и Креста, хотя общие металлогенические и геоморфологические предпосылки благоприятны для формирования здесь оловоносных россыпей.

Следует отметить также возможность выявления на Чукотке россыпей деревянистого олова, о чем свидетельствуют результаты работ В. П. Желтовского, Г. Ф. Журавлева, В. О. Позняка, А. Я. Пьянкова, Я. К. Усенко и других исследователей.

Рудопроявления риолитовой формации и находки повышенных концентраций деревянистого олова в шлихах известны на многих участках развития эффузивов преимущественно кислого состава

(бассейны рек Извилистая, Гиркувеем, Кувеем, Пегтымель, Рывеем, Куэквунь и др.).

Наиболее высокие содержания деревянистого олова (от десятков граммов до первых килограммов на  $1 \text{ м}^3$ ) установлены по левобережным притокам р. Куэквунь. Здесь в северной краевой части Охотско-Чукотского вулканогенного пояса водотоки дренируют толщу позднемеловых эффузивов и пирокластических пород, выполняющих мульдоподобную вулканоструктуру. По данным В. О. Позняка, деревянистое олово присутствует в измененных липаритах преимущественно на участках интенсивного дробления, где оно развивается в виде оолитовых образований, цементирующих зоны трещиноватости. Формы проявления достаточно разнообразны — корочки, почковидные массы, желваки, каплевидные и сгустковые выделения. В аллювии ручьев, дренирующих рудное поле, концентрация деревянистого олова нередко превышает  $1 \text{ кг/м}^3$ . Кроме того, в шлихах обычно присутствуют киноварь, пирит, галенит, арсенопирит, гематит, альмандин и другие минералы. Однако совершенно не изучен вопрос о возможной дальности транспортировки деревянистого олова в аллювии. По всей видимости, учитывая исключительно высокую вязкость минерала и преимущественно сферическую форму нахождения в шлихах, потенциальная его миграционная способность, вероятно, превышает «возможности» транспортировки кристаллического касситерита.

С учетом наличия в ряде районов значительных шлиховых ореолов имеются реальные предпосылки выявления россыпей деревянистого олова. Наиболее интересны в этом отношении Куэквуньский, Рывеемский и другие районы Центральной Чукотки, тяготеющие к вулканогенному поясу.

В целом Северо-Восток СССР как составная часть Тихоокеанского рудного пояса по составу известных здесь оловорудных формаций имеет много общих черт с другими оловоносными областями мезозойской складчатости. Отмечается известное сходство с Малайской провинцией, где, наряду с оловоносными континентальными отложениями своеобразных фаций кор выветривания, широко развиты также прибрежно-морские и дельтовые россыпи касситерита. Следовательно, в предшествующие геологические этапы континентального литогенеза в сходных климатических условиях аналогичные россыпи могли формироваться и в северных районах Тихоокеанского пояса.

В Якутии и на Чукотке на протяжении длительного времени существовали специфические условия россыпеобразования, как-то:

1) наличие коренных источников разнообразных морфологических и формационных типов;

2) сочетание древних эпох корообразования и современного криолитогенеза, обеспечивающих достаточно высокую степень высвобождения полезных компонентов;

3) благоприятные сочетания морфоструктурных и геоморфологических условий, способствовавших образованию россыпей различных генетических типов — от элювиальных до озерных, при-

брежно-морских и лагунных довольно широкого возрастного диапозона (от палеогена до современного).

Большой интерес с точки зрения выявления древних россыпей представляют приморские равнины арктических побережий (Приморская низменность, Валькарайская, Ванкаремская, Чаунская и др.).

Как показывает фактический материал, достаточно высокой продуктивностью обладают отложения плиоцен-нижнечетвертичного и верхнечетвертичного-современного периодов (Гурвич, Поджио, Стружков, 1969; Федяев, 1973).

Совокупность таких благоприятных факторов, как коры химического выветривания, наличие погребенной гидросети и широкое проявление оловорудной и редкометальной минерализации, подтверждает перспективы выявления на Северо-Востоке СССР древних россыпей различных генетических типов.

### *Приморье*

Приморье издавна известно как олово-вольфрамоносная металлогеническая провинция Тихоокеанского рудного пояса. Наличие эндогенных месторождений в известной степени определило характер и специфику проводимых здесь геологопоисковых и разведочных работ, в результате чего изучение россыпей проводилось в весьма ограниченных объемах. В то же время этот регион характеризуется рядом благоприятных факторов, позволяющих рассматривать его достаточно перспективным на выявление оловоносных и редкометальных россыпей. К комплексу таких признаков относятся широкое развитие рудоносных гранитоидов, многочисленные коренные россыпеобразующие источники различных формационных и морфологических типов, благоприятные для формирования россыпей тектонические и палеоклиматические условия на протяжении позднемезозойской и всей кайнозойской истории развития рельефа Приморья.

Как показали исследования В. И. Финько, В. С. Коренбаума и М. Ф. Колбина («Кора выветривания...», 1963), в Приморье широко развиты древние коры химического выветривания, реликтовая мощность которых местами превышает 100 м. Ее развитие отмечается по разновозрастным изверженным, метаморфическим и осадочным породам. Последующие эрозионно-денудационные и аккумулятивные процессы на рудоносных площадях привели к формированию продуктивных отложений различных генетических типов. Подтверждением этому может служить открытие оловоносных россыпей в Вознесенском, Тетюхинском и других районах Приморья. Значительное представляется тот факт, что большинство известных наиболее интересных россыпей было сформировано, в основном, в позднеэоцен-олигоценное и позднемиоцен-плиоценное время и относится к типу погребенных. Позднечетвер-

тичные и современные россыпи отличаются незначительными параметрами. Необходимо подчеркнуть, что большинство оловоносных и комплексных россыпей сформировалось в западной зоне Даубихинского прогиба и Приханкайской впадины с относительно рассеянной минерализацией касситерито-вольфрамито-кварцевой формации (Апельцин, Гурвич, 1970).

В связи с четко выраженной асимметрией хребта Сихотэ-Алинь гидросеть, дренирующая восточные склоны, характеризуется крутыми уклонами долин, малой их протяженностью, глубоким врезом и незначительной мощностью аллювия. Обратная картина наблюдается на западных склонах хребта, где широкие пологие долины отличаются значительной массой аллювия, концентрирующей основные запасы касситерита в россыпях региона.

Наиболее интересные результаты получены в Вознесенском рудном районе, расположенном в юго-западной части Ханкайского массива, являющегося древнейшей структурно-фациальной и металлогенической зоной Приморья (Палевских, 1970).

Вознесенский район выделяется своей повышенной оловоносностью. По данным Р. И. Палевских (1970), средние содержания олова в породах различных интрузивных комплексов района превышают его кларк для кислых пород в 1,5—2 раза, а в оловоносных биотитовых гранитах, развитых в пределах Ярославского, Чапаевского, Первомайского и Осиновского месторождений, — в 8 раз. Эти данные подтверждают отнесение многими исследователями (И. Н. Говоров, Ю. Г. Иванов, М. П. Материков, Е. А. Радкевич, М. Г. Руб) гранитов вознесенского комплекса к типу оловоносных. Достаточно широким развитием в пределах этого рудного района пользуются кварц-касситеритовые жилы, нередко несущие вольфрамит, танталит-колумбит и другие редкометалльные минералы.

Довольно интенсивно подверглись выветриванию палеозойские крупнозернистые граниты, гранодиориты и сланцы вознесенского метаморфического комплекса. Развитие коры выветривания отмечается также по карбонатным породам, особенно в полях скарирования и тектонически ослабленных зонах. Н. П. Заболотной отмечено выветривание карбонатных пород и скарнов до глубины 80 м, что представляет большой интерес, поскольку эти образования, вмещающие оловорудные проявления, отличаются карстующимися свойствами.

Продукты выветривания в палеоген-четвертичное время полностью или частично размывались и переотлагались в депрессии, имеющие унаследованную связь со структурами фундамента. Депрессии выполнены осадочными и вулканогенными образованиями эоцен-олигоценового и неогенового возраста и представлены аллювиальными, пролювиальными и озерными фациями. Характерно присутствие в разрезе пластов бурых углей.

В пределах Вознесенского рудного узла в возрастном отношении выделяется два типа россыпей:

1) погребенные оловоносные коры выветривания и палеоген-неогеновые россыпи, образовавшиеся за счет их размыва и перетложения;

2) четвертичные элювиально-делювиальные и аллювиальные россыпи.

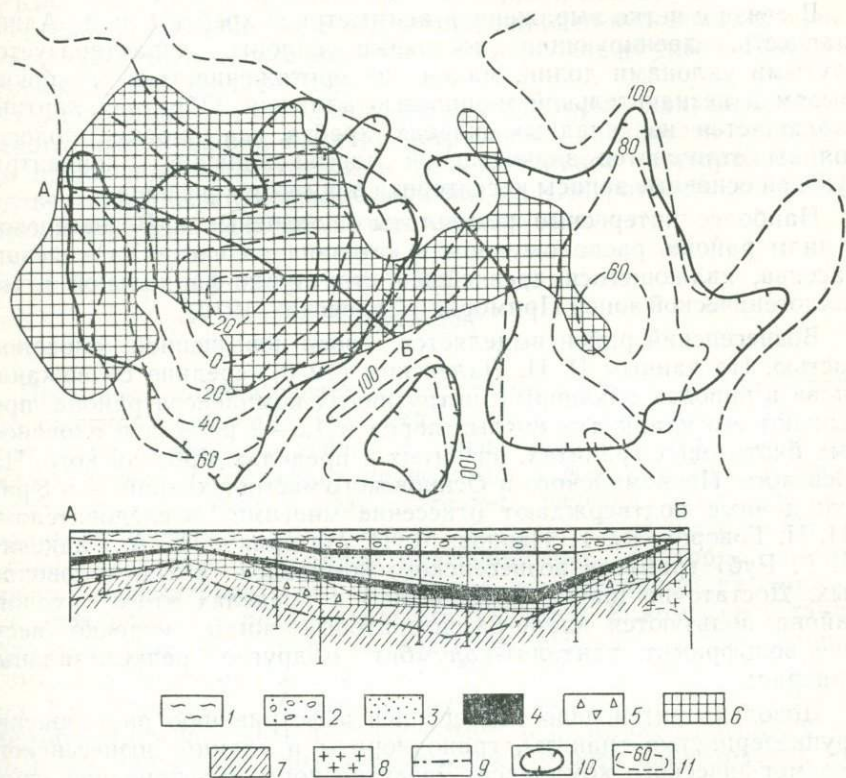


Рис. 29. Схема и разрез оловоносной россыпи (по А. Ф. Крамчанину, 1970).

1 — нижнечетвертичные бурые глины; 2 — плиоценовая песчано-галечниковая толща. Палеоген-неогеновые отложения; 3 — пески и слабосцементированные песчаники; 4 — пласты бурого угля; 5 — перетолженные продукты выветривания пород фундамента; 6 — оловоносный пласт. 7 — нижнекембрийские хлоритовые и хлорито-серицитовые сланцы; 8 — палеозойские биотитовые граниты; 9 — граница распространения коры выветривания на породах фундамента; 10 — контур промышленной угленосности; 11 — изогипсы докайнозойского фундамента

Большой интерес представляют россыпи 1-го типа.

Среди погребенных оловоносных россыпей Вознесенского рудного района выделяется Озерная россыпь, детально изучавшаяся А. Ф. Крамчаниным («Проблемы...», 1970). Она пространственно приурочена к южной части Чихезского бурогоугольного месторождения (рис. 29). Метаморфизованные породы фундамента смяты в линейно-вытянутые складки северо-западного простирания и прорваны гранитами верхнепалеозойского интрузивного ком-

плекса. Небольшие мульды выполнены олигоценовыми углистыми отложениями, грубозернистыми образованиями неогена и четвертичными озерными и аллювиальными отложениями общей мощностью до 80—100 м. Мощность остаточной коры выветривания переменчива и резко сокращается в бортах мульд.

Оловоносная россыпь, по данным А. Ф. Крамчанина («Проблемы...», 1970), повторяя в общих чертах понижение в древнем рельефе, залегает непосредственно под угольным пластом и представлена двумя генетически различными типами образований — остаточной россыпью (около 65% объема) и продуктами ее переотложения олигоценового возраста. Оловоносный пласт относительно выдержан по простиранию, но весьма изменчив по мощности (в среднем для отдельных участков от 4 до 13 м).

Невысокая концентрация касситерита в остаточной коре выветривания и его крайне неравномерное распределение дают основание считать, что источником питания служили слабо минерализованные породы субстрата.

Фациальный характер продуктов переотложения кор химического выветривания, гранулометрический состав нижнеолигоценовых оловоносных образований, окатанность и размерность касситерита (преимущественно менее 0,1 мм) и анализ палеогеографических условий свидетельствуют о возможной роли озерного режима в формировании этой россыпи. Особый интерес представляет ее залегание непосредственно в контуре промышленных углей.

Делювиально-аллювиальные россыпи палеоген-неогенового возраста известны также в бассейнах рек Осиновки и Березянки.

Одна из них приурочена к палеодолине, глубоко впадающей в обрамление Манзовской депрессии (Крамчанин, 1970). Продуктивный пласт приурочен к основанию угленосной палеогеновой толщи и представлен плохо отсортированными, слабо окатанными песчано-гелечниковыми отложениями с неравномерным, струйчатым распределением касситерита. Россыпь перекрыта песчанистыми глинами, на которых залегает пласт бурого угля. Венчается разрез четвертичными отложениями, к которым приурочена долинная россыпь. Ряд оловоносных россыпей (ключи Осиновский, Клары, Уморительный), имеет двухъярусное строение. Как отмечают В. В. Чернобровкин, Г. Е. Ковригина и Н. И. Китаева («Закономерности...», 1960), источником их формирования явились непромышленные рудные зоны, а основная концентрация касситерита связана с перемывом древней коры выветривания.

Исследованиями Н. П. Заболотной установлено, что большинство россыпей приурочено к не выраженным в современном рельефе погребенным плиоценовым долинам, перекрытым базальтами или рыхлыми осадками. Мощность оловоносного пласта иногда достигает 12 м. Выше по разрезу местами залегают более бедные делювиально-аллювиальные россыпи четвертичного возраста, однако направление современных водотоков не всегда совпадает в плане с палеодолинами. Современные россыпи характеризуются обычно меньшими размерами, плохой сортировкой слагающего

их песчано-глинистого и щебнистого материала. Оловоносный пласт иногда расщепляется на несколько струй и мощность его варьирует в широких пределах — от десятков сантиметров до первых метров.

Определенными перспективами на выявление новых оловоносных россыпей в Вознесенском районе выделяется ряд площадей и участков, где в шлиховых ореолах установлен касситерит (Запретный, Партизанский, Казачья Падь, Поисковый и другие).

В Тетюхинском районе изучение россыпей проводилось в основном в непосредственном обрамлении известных коренных месторождений. Здесь были выявлены и отработаны россыпи кл. Дальнего, Сойкина, Безымянного, Ксеничкина и др.

В последние годы началось изучение верхнего течения р. Иман, где формирование продуктивных отложений связано с оловорудным месторождением, представленным касситерит-полиметаллическими, касситерит-кварц-колчеданными рудами жильного типа и зонами касситерит-кварцевых прожилков. В результате этих работ в долине р. Иман прослежена россыпь в пределах поймы и частично первой аккумулятивной террасы. По данным П. Н. Антонова (1969 г.), продуктивный пласт приурочен к приплотиковой части аллювия и распадается на ряд струй суммарной шириной в верхней части долины около 200 м (три струи), в нижней — 140 м (пять струй). Мощность песков варьирует от 0,5 до 2,0 м, (в среднем 1,1 м). Следует отметить, что преобладающая часть касситерита (около 70%) сосредоточена в классе +1 мм при отсутствии фракций менее 0,1 мм; в то же время основная роль в питании россыпи принадлежит сульфидным рудам, в которых касситерит отличается тонкой размерностью (не исключено, что значительная часть тонкой фракции смыва при промывке проб на лотках). Здесь же, в притоках р. Иман, выявлены россыпи иных генетических типов (террасовые, ложковые, делювиальные).

Как справедливо отмечает П. Н. Антонов (1969 г.), недостаточное внимание изучению россыпей уделяется в Фурмановском и Верхне-Иманском рудных районах.

В других районах края поиски россыпей ограничены, хотя рассматриваемая территория отличается значительными перспективами на выявление россыпей различных генетических типов и, в первую очередь, погребенных палеоген-неогеновых, связанных как с остаточными корами химического выветривания, так и с продуктами их переотложения в озерных котловинах и особенно в погребенных палеодолинах (рис. 30). Заслуживают серьезного внимания поиски оловоносных и комплексных редкометалльных россыпей по обрамлению некоторых глубокоэродированных массивов гранитоидов и гранитизированных пород Ханкайского района, где установлены многочисленные коренные источники различных минеральных видов.

В результате детальных исследований А. Ф. Крамчанин (1970) убедительно показал, что на большей части рассматриваемой территории неотектонические процессы способствовали сохранно-

сти и консервации россыпей. К тому же погребенные россыпи палеоген-неогенового возраста обладают рядом общих черт, что в какой-то мере облегчает их поиски. Основная их часть размещается в прибортовых частях депрессий, в узких желобообразных понижениях рельефа фундамента, являющихся, по-видимому, реликтами древних палеодолин, многие из которых нередко наследуются современной гидросетью. В связи с этим выделяется ряд впадин, благоприятных для накопления в них погребенных россыпей (Даниловская, Раковская, Чихезская, Сандуганская, Манзовская, Краснинская, Сидеминская, Вишневская и Гродековская). Что касается верхнечетвертичных россыпей, то значение их, по-видимому, невелико, хотя не исключена возможность выявления небольших по масштабам россыпей, особенно связанных с перемывом и обогащением более древних продуктивных отложений.

В целом Сихотэ-Алинская провинция и примыкающий к ней Хингано-Охотский пояс, выделенный М. И. Ицкиным, представляют интерес прежде всего в пределах южной части Даубехинской зоны и ограничивающего ее Главного структурного шва Сихотэ-Алиня. Значительными перспективами отличается также Арму-Иманская зона с прилегающими Бикинским и Самаргинским рудными районами, а также площади развития современной и погребенной гидросети в Хингано-Олонойском, Тыльско-Торомском и прилегающем с востока Баджалском районах. При этом необходимо уделить особое внимание полям развития оловорудной минерализации штокверкового типа, в частности в Тыльско-Торомском районе.

Совершенно самостоятельной задачей представляется изучение древнечетвертичных оловоносных отложений бассейна р. Удурчукана, развитых к северу от Хинганского месторождения, но перекрытых молодыми базальтами.

По мнению А. В. Кочубея (1969 г.), геоморфологическими условиями, благоприятными для формирования россыпей, выделяется также Мамынский оловорудный район.

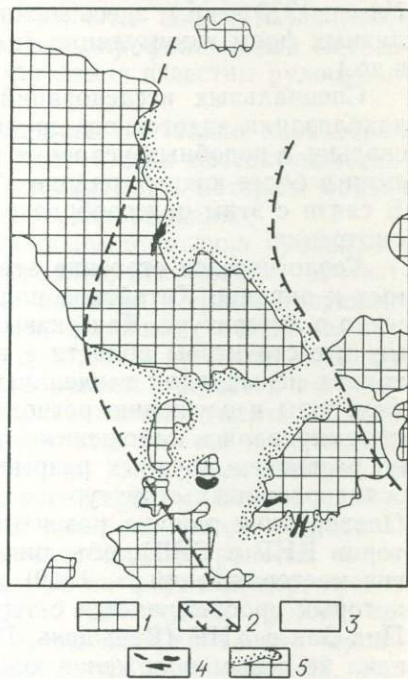


Рис. 30. Схема развития потенциально продуктивных отложений.

1 — кристаллический фундамент; 2 — зона развития оловянного оруденения; 3 — площади распространения палеоген-неогеновых отложений; 4 — оловоносные россыпи; 5 — площади перспективные на выявление палеоген-неогеновых россыпей различных генетических типов

Некоторыми перспективами на выявление прибрежно-морских россыпей отличается акватория дальневосточных морей, где многочисленные бухты и заливы могли аккумулировать и перерабатывать большие массы продуктивного материала, выносимого с континента. Как показано в работах ряда исследователей (Денисов, 1967, 1974; Сакс, Смолдырев, 1970; Смолдырева, Лаврик, 1972; Ульст, 1970 и др.), здесь можно ожидать выявления россыпей различных форм аккумуляции (пляжи, террасы, подводные склоны и др.).

Специальных исследований в регионе заслуживают площади локализации эндогенного оруденения в карбонатных породах, поскольку в подобных условиях известны крупные оловоносные россыпи в более южных районах Тихоокеанского пояса (КНР, СРВ). В связи с этим целесообразно остановиться на кратком их рассмотрении.

Геологическое строение этих оловоносных районов, приуроченных к окраине Китайской платформы, достаточно подробно освещено в литературе. Как указывает А. Д. Шеглов (1968), платформенные структуры области с конца каменноугольного периода до триаса испытывали тенденцию к воздыманию, что привело в начале юры к осушению региона, а в последующем в его пределах сформировались наложенные прогибы. Образование их обусловлено развитием крупных разрывных нарушений с оживлением консолидированных структур и становлением трещинных интрузий. Оловорудные районы, развитые по окраине платформы (на территории КНР и СРВ), объединяются М. П. Материковым («Геология месторождений...», 1969) в Юго-Западный оловоносный пояс, который прослеживается с территории СРВ от Там-Дао через Пиа-Оак в КНР (Веньшень, Гэцзю и далее на север). Остается пока не ясным положение южного окончания пояса. Не исключено, что он проходит в субмеридиональном направлении за 17-ю параллель и именно к нему приурочен оловоносный район Куй-Чау на юге СРВ.

В пределах этого пояса расположен район Гэцзю. Среди различных типов гипогенной минерализации более широким развитием пользуются здесь турмалиновые и сульфидные руды. Однако удельный вес их в общей добыче олова невелик по сравнению с россыпями и зонами окисления рудных тел. Для последних глубина развития характеризуется десятками, а нередко и сотнями метров, что в сочетании с корами химического выветривания площадного типа обеспечило дезинтеграцию материала и мобилизацию касситерита из разнообразных, часто непромышленных коренных источников (штокверки, скарны, оруденелые мраморы и др.). Характерный карстовый рельеф, благоприятствующий седиментации продуктивных отложений в замкнутых полостях, обеспечил формирование здесь своеобразных россыпей касситерита.

На территории СРВ наиболее детально изучены россыпи района развития Пиа-Оакского комплекса многофазных гранитов, которые, по мнению И. Н. Томсона («Геология месторождений...»,

1969), являются близким аналогом двуслюдяных гранитов Индонезийско-Бирмано-Малайского пояса. Оруденение отличается значительным разнообразием минеральных и морфологических типов и локализовано как в самих гранитах, так и в ближайшем экзоконтакте, образуя рудные зоны, поля грейзенизации, штокверки и отдельные жилные тела. Кроме оловянно-вольфрамовых месторождений, по обрамлению массива развиты полиметаллическая минерализация и крупные тела флюорит-пирофиллитовых метасоматитов с берtrandитом, а в зонах дробления известны рудопроявления отунита и торбернита\*.

Основные черты рельефа определились не только характером слагающих пород, но и в значительной степени неотектоническими процессами (преимущественно воздымания), которым обязан интенсивный размыв кор химического выветривания.

Развитие карстовых процессов наиболее отчетливо проявилось в пределах двух гипсометрических уровней, отвечающих соответствующим морфогенетическим зонам рельефа. Первый (верхний) уровень развития карстовых полостей, имеющих облик замкнутых котловин, воронок и цирков, расположен в пределах абсолютных отметок 800—1000 м (выше современной гидросети на 100—300 м). Они выполнены хорошо отсортированным галечно-гравийным материалом с переменным количеством супесей и суглинков. Мощность рыхлых отложений колеблется от первых метров до 15—20 м и они нередко обогащены касситеритом. Второй (нижний) уровень карстовых образований прослеживается в пределах абсолютных отметок 500—800 м. Здесь карстовые процессы привели к широкому развитию разнообразных по форме пещер, пустот, подземных галерей и карстовых долин четковидной формы, где короткие (400—600 м) эрозионные врезы типа каньонов чередуются с котловинообразными расширениями максимальных размеров (0,7×3 км). К замкнутым впадинам, нередко напоминающим по своему облику проточные озера, приурочены россыпи Тин-Тук, Нам-Кеп и Тхай-Лак.

Оловоносный элювий известняков, представленный преимущественно красновато-бурой глиной с сохранившимся крупным щебнем и глыбами, нередко достигает мощности десятков метров. Окремнение как основной геохимический процесс, протекающий на первых стадиях выветривания, отмечается почти повсеместно. В карстовых полостях имеет место не только «усадка» вещества коры выветривания, но и в значительной степени привнос склоновых отложений. Для профиля коры выветривания гранитов характерно развитие зон дресвы, гидрослюды и каолинита, реликтовая мощность которых составляет 30—40 м. В нижней части разреза фиксируется структурный элювий, в котором наблюдаются кварцевые прожилки, сопровождаемые грейзеновыми оторочками с касситеритом и вольфрамитом (Гурвич, 1972 г.).

---

\* По данным А. Лакруа (Lacroix, 1933 г.) именно из образцов этой руды впервые супругами Кюри был выделен радий.

Для склоновых отложений характерно повсеместное обогащение касситеритом и вольфрамитом, но чаще в непромышленных концентрациях, за исключением отдельных мелких ложбин стока (деллей), нередко наследующих тектонические зоны и контакты различных пород.

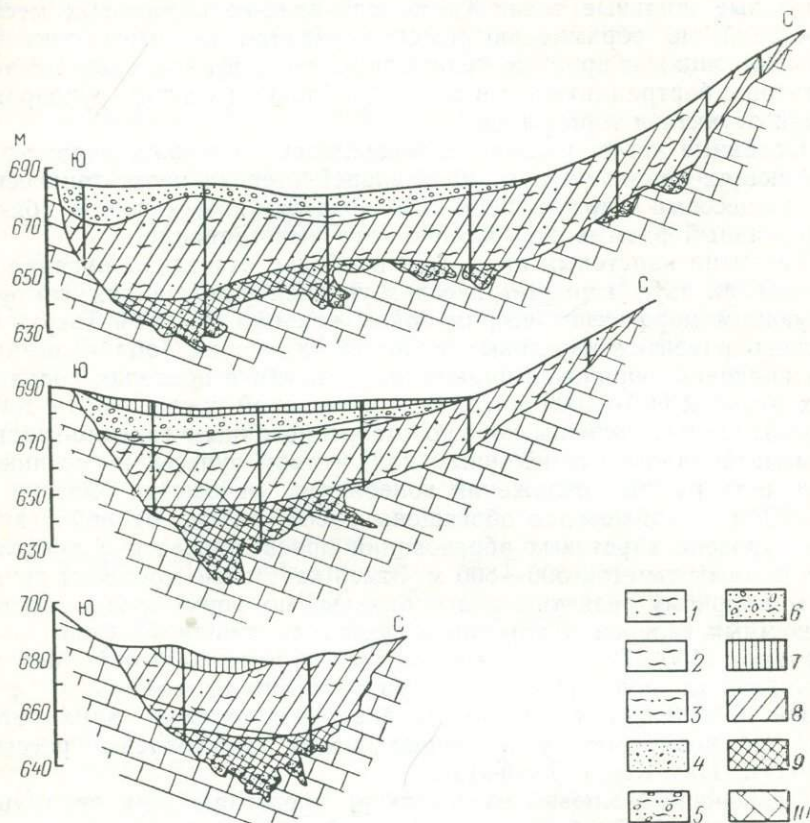


Рис. 31. Разрезы россыпи Тин-Тук.

1 — суглинки; 2 — глина; 3 — супесь; 4 — песок с галькой; 5 — супесь с галькой; 6 — песчано-гравийный материал с валунами и щебнем; 7 — отвал; содержание касситерита (в кг/м<sup>3</sup>): 8 — до 2; 9 — свыше 2; 10 — известняк

Более сложными чертами строения и условий залегания отличаются аллювиальные россыпи, важнейшей особенностью которых является промышленная оловоносность всего разреза мощностью 30—60 м (рис. 31). Иногда наблюдается плохо отсортированный материал, генетически близкий склоновым отложениям и нередко сменяющийся типичным «речником».

В целом для двух основных впадин (Тин-Тук и Нам-Кеп), представляющих собой практически единую четковидную долину, характерна также сохранность продуктивных отложений в карсто-

вых полостях, развитых на древних цокольных террасах различных уровней по бортам долины. Так, карстовая полость Тхань-Луп-Фан, залегающая выше современного русла Тин-Тук на 60 м, заполнена оловоносными аллювиальными отложениями средней мощностью около 25 м. Распределение касситерита в этих россыпях относительно равномерное, хотя колебания содержаний лежат в значительных пределах. Наиболее высокие концентрации (десятки килограммов на 1 м<sup>3</sup>) отмечаются в приплотиковом слое независимо от гранулометрического состава отложений.

Касааясь возможной транспортировки касситерита в водотоках, приуроченных к закарстованным площадям, заметим, что в рассматриваемом регионе отмечаются весьма своеобразные процессы. В частности, современный поверхностный водоток проходит долины Тин-Тук, Нам-Кем и «исчезает» в карстовой галерее (проходной пещере), развитой в основании гребня известняков, замыкающего долину. Ручей, пройдя галерею, вновь появляется на дневной поверхности лишь через 1 км, при этом разница высот водотока составляет 140 м. На всем протяжении пещеры дно ее покрыто слоем оловоносного аллювия переменной мощности (0,2—1,5 м), представленного песчано-гравийно-галечным материалом. Местами из-под него обнажаются реликты сталагмитов. Повышенные содержания касситерита прослеживаются также на значительном протяжении водотока ниже устья пещеры, достигая максимальных концентраций в песчаных отложениях искусственного водоема, расположенного на расстоянии около 20 км. Перенос касситерита подземными водотоками проходных пещер наблюдается и на других участках района. Наряду с россыпями, приуроченными к закарстованным полям, в рассматриваемом регионе известны и иные генетические типы продуктивных образований как в континентальных, так и прибрежно-морских отложениях береговой зоны Южно-Китайского моря (Gurvich, Thin, 1972).

Приуроченность к карстовым полостям россыпей касситерита свидетельствует о необходимости проведения детальных исследований оловоносных площадей, сложенных известняками.

### *Забайкалье*

Этот старейший горнорудный район страны на протяжении многих десятилетий подвергался детальным геологическим исследованиям на многие виды минерального сырья. Особое положение занимает проблема создания и развития сырьевой базы оловодобывающей промышленности, решение которой во многом связано с именем С. С. Смирнова. Основополагающие идеи С. С. Смирнова, сохранившие и сейчас свою актуальность, получили дальнейшее развитие в трудах Ю. А. Билибина, Д. И. Горжевского, Ив. Ф. Григорьева, Е. И. Долomanовой, А. В. Дружинина, В. Н. Козеренко, В. С. Кормилицына, И. Я. Кузьмина, О. Д. Левинского, Г. Л. Падалки, Е. А. Радкевич, Д. П. Рундквиста, В. И. Смирнова, И. Н. Томсона, А. Д. Щеглова, А. А. Якжина и

других исследователей. Приводимый в этих работах анализ металлогении региона, условий формирования и закономерностей размещения различных формационных типов эндогенных (в том числе оловорудных) месторождений, к сожалению, почти не затрагивает проблемы россыпей, на долю которых в течение нескольких десятилетий приходилось более половины оловянных концентратов. Исключением является блестящая работа О. Д. Левицкого «Геология олова» (1947), полностью отражающая главные аспекты геологии оловоносных россыпей по состоянию изученности на тот период.

Однако основные геологоразведочные работы до начала пятидесятых годов были сосредоточены на оценке россыпей, приуроченных к современной гидросети, в пределах юго-западной части оловоносного пояса и на Шилко-Аргунском междуречье. Главное внимание уделялось четырем рудным районам (Менза-Чикойскому, Даурскому, Агино-Кукульбейскому, Газимуро-Урюмканскому), объединяющим 19 рудных узлов. В их пределах установлено около 200 оловоносных и комплексных россыпей, лучшие из которых к началу 60-х годов были уже отработаны.

В связи с этим Читинским геологическим управлением с привлечением научно-исследовательских организаций в 1965 г. был проведен комплексный геолого-геоморфологический анализ региона в сочетании с интерпретацией результатов ранее выполненных поисково-разведочных и геофизических работ (Е. А. Авилова, А. С. Бабкин, С. И. Гурвич, Б. А. Литвинцев, М. Д. Скурский и др.). Рассмотрение этих материалов с учетом результатов региональных исследований по геоморфологии, неотектонике и морфоструктурному районированию Забайкалья, принадлежащих С. С. Воскресенскому, Н. Н. Геракову, Е. И. Корнутовой, Н. И. Николаеву, А. И. Сизикову, Ю. Г. Симонову, Г. Ф. Уфимцеву, Н. А. Флоренсову, В. П. Чичагову и другим показало, что известные оловоносные районы, включая даже относительно хорошо изученные рудные узлы, отличаются определенными перспективами на выявление древних россыпей.

В зависимости от индивидуальной геолого-геоморфологической обстановки того или иного рудного района среди потенциально продуктивных отложений наметились неоген-четвертичные, палеогеновые и даже раннемеловые, на изучение которых и были ориентированы дальнейшие поисково-разведочные и научно-исследовательские работы. При этом наряду с собственно оловоносными россыпями в сферу изучения стали вовлекаться россыпи комплексного оловянно-вольфрамового и оловянно-танталового состава, исходя из металлогенических особенностей локальных площадей.

Положение коренных источников (и промежуточных коллекторов) россыпей в Забайкалье определяется их преимущественной приуроченностью к оловянно-вольфрамовому поясу, который, как известно, прослеживается с территории Монголии до верховьев Амура.

Как отмечает Е. А. Радкевич («Закономерности...», 1973), наибольшим обогащением рудными компонентами здесь выделяются поздние дифференциаты кислых и ультракислых коровых гранитов. Большинство исследователей связывают оловоносность региона с цаганолуевским, кукульбейским и харалгинским магматическими комплексами, допуская, что последний, возможно, является субвулканическим аналогом кукульбейского (Материков, 1974). Каждому из отмеченных комплексов присущи свои особенности сопутствующей оловорудной и редкометальной минерализации. При этом, как подчеркивает В. В. Иванов («Закономерности...», 1973), основные редкометальные рудные районы развивались в мезозое «по типу поднятий», тяготея к наиболее тектонически активным краевым зонам этих структур.

Неотектонический режим, наследующий многие черты мезозойского тектонического развития Забайкалья, вызвал формирование разнотипных морфоструктурных областей, эволюция которых привела к образованию различных типов рельефа — от среднегорья до аккумулятивных равнин и соответственно различных генетических типов отложений и россыпей.

В этом отношении характерен Шерловогорский рудный узел, имеющий многолетнюю историю геологического изучения и промышленного освоения. Характер рельефа здесь предопределен в целом его морфоструктурой, отражающей пограничную зону обширных впадин (Тургино-Харанорской и Восточно-Торейской) с Агинским жестким массивом. Непосредственно Шерловогорский рудный узел приурочен к зоне сочленения Адун-Челонского массива с Харанорской и Ары-Булакской депрессиями, что определило сочетание денудационно-аккумулятивных равнин, развитых в пределах указанных депрессий, с их низкогорным обрамлением.

Известные оловянные и оловянно-вольфрамовые россыпи пространственно сосредоточены на двух участках: Шерловогорском и Ары-Булакском, заметно различающимися по своей структурной позиции и характеру неотектонических движений, что оказало существенное влияние на строение и условия залегания россыпей.

Россыпи Шерловогорского участка тяготеют к периферии Адун-Челонского малого свода (Лукашов, 1968 г.), сохраняющего в пострудное время тенденцию к воздыманию, и развиты в пределах низкогорного рельефа, имеющего трехъярусное строение. Это вызвано дифференцированным характером неотектонических движений и в определенной степени составом пород, слагающих каждый из ярусов. Наиболее высокими абсолютными отметками в пределах низкогорья обладают участки активно воздымающихся блоков, сложенных преимущественно интрузивными и эффузивными породами юнокиммерийского магматического цикла (сопки Большая, Высокая, Лукавая).

Верхний ярус рельефа характеризуется значительным расчленением (относительные превышения составляют 120—170 м). Верховья крупных падей (Заводская, Северо-Восточная и др.) и мелкие распадки, к которым тяготеют россыпи (Замелихинская, Руд-

ничная, Лукавая, Лукаво-Золотая и др.), глубоко врезаны, имеют узкие днища и крутые (15—25°) выпуклые склоны.

Для долин верхнего яруса, дренирующих Шерловогорский гранитный массив и рудное поле сопки Большой, характерно наличие переуглубленных врезов, по отношению к которым современные тальвеги смещены (пади Северо-Восточная, Восточная, Юго-Восточная, Яблочная, Двурогая, Лукаво-Золотая, Воропаевская). Древние врезы выполнены красноцветными отложениями, заключающими нижний пласт россыпей. Это красно-бурые, красно-коричневые суглинки и глины с переменным количеством супесей, валунов, щебня и дресвы (пади Восточная, Двурогая), либо валунно-щебнистый материал с суглинисто-глинистым красно-бурым заполнителем (пади Воропаевская, Улясутай).

Детальный анализ красноцветных отложений, проведенный Забайкальской экспедицией МГУ (Г. И. Барвынь, А. А. Лукашов и др.), показал, что они являются неоднородными по возрасту и условиям образования. Формирование красноцветов, тяготеющих к нижним частям древних врезов, происходило в обстановке, существенно отличной от условий четвертичного осадконакопления (пыльца отсутствует). Залегające выше по разрезу красноцветные образования, по-видимому, представляют собой продукты линейной коры выветривания, переотложенные в плейстоцене склоновыми процессами (в составе пыльцы отсутствуют реликтовые формы; преобладает пыльца кустарниковых берез, полыни, сосны).

Нижний оловоносный пласт не всегда приурочен к древним тальвегам. Иногда он тяготеет к тому или иному борту погребенных врезов. Мощность пласта обычно невыдержанная — от 0,4 до 10 м.

Средний ярус рельефа отражает блоки с относительно слабой тенденцией к поднятию в кайнозойское время. Слагающие этот ярус породы представлены преимущественно герцинскими и каледонскими интрузивными образованиями и частично осадочным комплексом палеозоя. Глубина и густота эрозионного расчленения здесь значительно меньше по сравнению с верхним ярусом. Относительные превышения колеблются в пределах 40—70 м. Днища крупных падей, вмещающих россыпи, более широкие и плоские. Крутизна склонов не превышает 10—12°.

Долины, развитые в пределах этого яруса низкогорного рельефа, выполнены преимущественно монотонными несортированными суглинисто-валунными образованиями серой и бурой окраски с включениями многочисленных марганцовистых конкреций. По составу минеральных ассоциаций, данным гранулометрических, термических и спорово-пыльцевых анализов эти осадки по времени и условиям образования сопоставимы с верхней пачкой красноцветных отложений. К этому комплексу солифлюкционно-пролювиальных осадков тяготеет верхний пласт пади Заводской, хотя отсутствует строгая приуроченность промышленного контура к определенным литологическим разностям отложений. Мощность верхнего пласта колеблется от 0,7—0,8 до 5—6 м (рис. 32).

Нижний ярус рельефа является переходным к полигенетической равнине, развитой в пределах Харанорской депрессии. В морфоструктурном отношении он отражает серию блоков, испытавших тенденцию к опусканию в мезозое и слабо приподнятых за неотектонический этап. Нижний ярус сложен преимущественно осадочными нижнемеловыми породами (крупногалечные конгло-

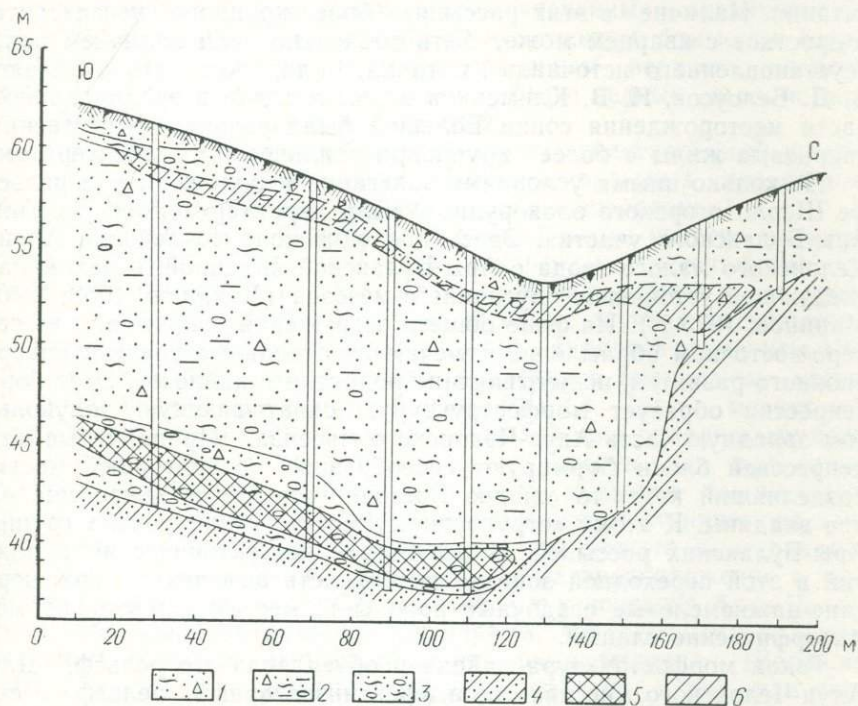


Рис. 32. Типичный разрез россыпи пади Заводской (по П. Т. Белову).

1 — суглинок с дресвой и щебнем; 2 — суглинок с галькой и щебнем; 3 — суглинок с галькой, валунами и щебнем; 4 — роговики; 5 — нижний продуктивный пласт; 6 — верхний продуктивный пласт

мераты с прослоями аргиллитов и песчаников). Основные элементы рельефа составляют слабонаклонные денудационные поверхности. Борта вмещающих россыпи долин выполаживаются (до 1—5°). Днища падей широкие, плоские, сливаются со склонами, а при сочленении с полигенетической равниной образуют широкие конуса выноса, что отчетливо наблюдается в устьевых частях падей Северо-Восточной, Тут-Халтуй и Восточной. В составе конусов выноса преобладает суглинистый материал с переменным количеством песка, дресвы и щебня. Мощность этих отложений порядка 8—12 м. Изучение конусов выноса, проведенное Ю. Г. Симоновым (1972), показало, что повышенные концентрации касситерита приурочены к верхним горизонтам конусов выноса, распределяясь преимущественно в виде отдельных струй.

Для большинства россыпей Шерловогорской группы характерна непосредственная связь с коренными источниками, обнажающимися на водоразделах и склонах, вмещающих россыпи долин. Однако в отдельных россыпях (падей Восточной и Северо-Восточной), тяготеющих к сопке Большой, отмечается несоответствие свойств и размерности касситерита известным источникам питания. Наличие в этих россыпях более крупного касситерита и сростков с кварцем может быть объяснено или наличием пока неустановленного источника питания, или, как это отмечают В. Д. Белоусов, Н. В. Клименков и др., тем, что в эродированной части месторождения сопки Большой были развиты существенно кварцевые жилы с более крупнокристаллическим касситеритом.

Несколько иными условиями залегания и положением в рельефе Шерловогорского оловорудного узла характеризуются россыпи Ары-Булакского участка. Здесь проходит зона сочленения Адун-Челонского малого свода с Ары-Булакской впадиной, в целом следующей устойчивое опускание с мезозоя (Лукашов, 1958; 1970; Маринов, 1973 г.). На фоне общего погружения депрессии в ее северо-восточном обрамлении отмечаются отдельные участки инверсионного развития, испытывающие поднятия в кайнозое. Этот борт депрессии образует морфоструктуру, охватывающую полукольцом западную часть Адун-Челонского массива. Приподнятые над депрессией блоки формируют своеобразный «структурный мост», разделивший когда-то единую Восточно-Торейскую депрессию на две впадины. К этому «структурному мосту» и приурочена группа Ары-Булакских россыпей. В результате неотектонических поднятий в этой переходной зоне на поверхность выведены верхнеюрские-нижнемеловые осадочные породы и, местами, девонские метаморфические сланцы.

Такая морфоструктура района и обусловила его рельеф. Для Адун-Челонского массива характерен низкогорный рельеф с системой глубоко расчлененных суходольных падей, переходящий к западу в сложно построенную денудационно-аккумулятивную поверхность Ары-Булакской депрессии. Рельеф пограничной зоны, к которой тяготеют россыпи, представляет собой пологовсхолмленную, слаборасчлененную денудационную равнину, имеющую общий уклон к югу, в сторону Торейских озер. В пределах этой равнины широко развита система погребенных логов, радиально расходящихся от куполовидных поверхностей водоразделов. Когда-то глубокие с относительно крутыми бортами лога сейчас заполнены рыхлым материалом и слабо выделяются в современном рельефе. Часть логов вмещает россыпи (Ары-Булакская, Северная). В разрезе (достаточно условно) отмечается трехчленное строение.

Нижний дресвяно-щелнистый горизонт с глинистым заполнителем представляет собой продукт переотложения слабо оловоносных нижнемеловых осадочных пород, являющихся промежуточными коллекторами для Ары-Булакской группы россыпей. О переотложенном характере этого материала свидетельствует также

и наличие здесь большого количества мезозойской пыли. Е. М. Малаева (1968 г.) условно датирует время переотложения средним плейстоценом. К этому горизонту приурочен нижний, наиболее богатый пласт Ары-Булакской россыпи. Мощность его варьирует от 0,4 до 8—10 м (рис. 33).

Залегающий выше горизонт коричневатобурых суглинков с включениями дресвы, щебня и многочисленных марганцовистых конкреций содержит спорово-пыльцевые спектры, близкие к современным, и соответствует нижним горизонтам верхнего плейстоцена. К этому горизонту приурочены более бедные верхние пласты Ары-Булакской группы россыпей.

Верхний, слабо оловоносный горизонт, представленный желтыми песками и супесями, формировался во влажных прохладных климатических условиях (верхний плейстоцен-голоцен).

Отличительной особенностью россыпей этого участка является отсутствие непосредственной связи с коренными источниками, что вызывает различные взгляды на условия накопления касситерита в продуктивных отложениях логов. В одних случаях высказывается точка зрения, что источниками питания являлись пегматиты и зоны грейзенизации, уничтоженные при эрозии апикальных частей Адун-Челонского массива (Чербянова, 1966 г.). Другое мнение сводится к тому, что возможным источником питания являлись оруденные зоны в сланцах, слагающих узкий выступ. Он прослежен в субмеридиональном направлении через верховья вмещающего россыпь Ары-Булакского лога, наследующего тектоническую зону с вероятным развитием линейных кор химического выветривания (Белоусов и др., 1973 г.). Имеется также предположение о возможной связи оловоносности западного экзоконтакта Адун-Челонского массива с кварцевыми порфирами, аналогичными рудовмещающим породам Шерловогорского месторождения (Барвынь, 1973 г. и др.). Одновременно все исследователи в той или иной степени признают роль нижнемеловых оловоносных конгломератов как промежуточных коллекторов в питании россыпей. Более четко это положение формулирует Б. В. Шекин (1973 г.), по мнению которого источником питания россыпей явились грубообломочные породы пролювиального генезиса (конуса выноса), залегающие на нижнемеловых прибрежно-озерных отложениях. Они накапливались в приобортовых частях впадин при воздымании горного обрамления, которое сопровождалось эрозией апикальных частей средне-верхнеюрских гранитов и пород кровли, содержащих, по видимому, штокверковые зоны. При этом формированию россыпей за счет конусов выноса (несмотря на низкие содержания в них касситерита) способствовала значительная их масса, исключаящую разубоживание непродуктивными породами при размыве и близком переотложении дезинтегрированного материала.

Приведенный пример еще раз свидетельствует о том, что «отсутствие» коренных месторождений не может явиться критерием бесперспективности россыпной оловоносности, тем более в тех случаях, когда вопрос касается древних россыпей, не связанных

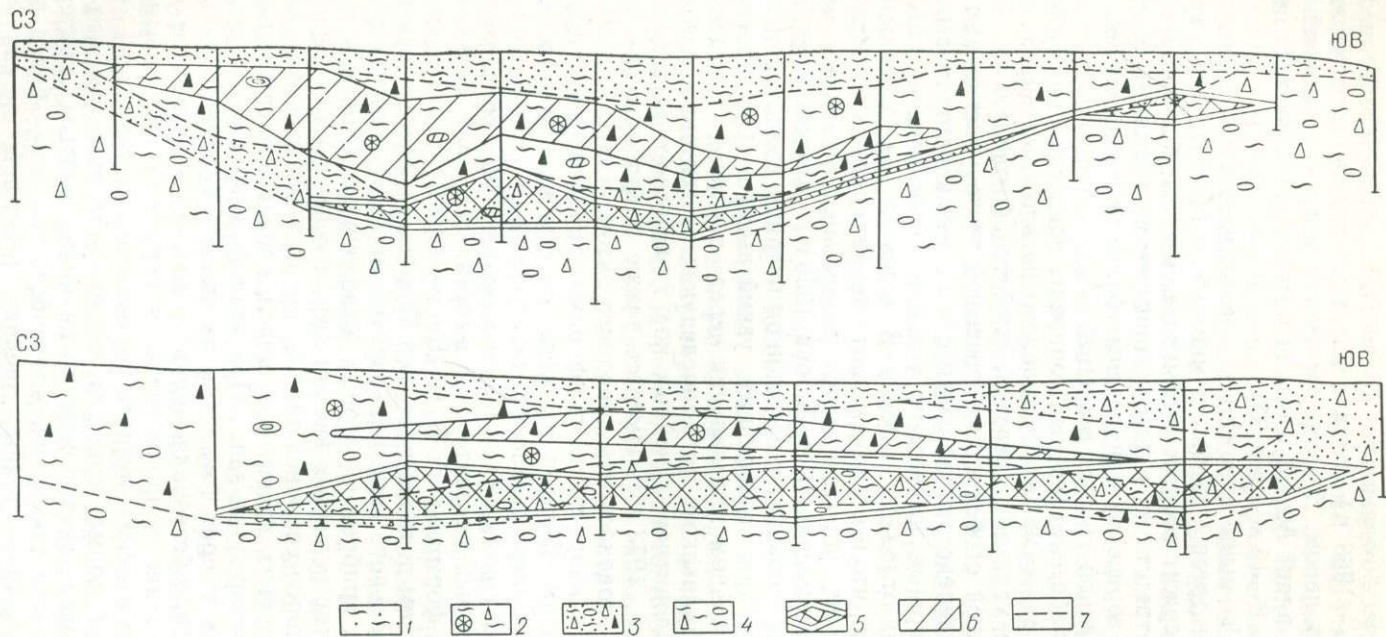


Рис. 33. Разрезы Ары-Булакской россыпи (по Е. Н. Четверикову).

1 — верхнеплейстоценовые — современные отложения речных пойм и дниц падей; 2 — средний плейстоцен, красноцветные пролювиальные глины и суглинки с прослоями супеси, содержащей древесу и щебень сланцев; 3 — ниже-среднеплейстоценовые пролювиальные отложения, древесяно-щебиновый материал с песчано-глинистым заполнителем; 4 — нижний мел, конгломерато-брекчия; 5 — нижний продуктивный пласт; 6 — верхний продуктивный пласт; 7 — стратиграфические границы

с современной гидросетью. Иными словами, основой оценки россыпной оловоносности конкретной площади должен явиться комплексный анализ эволюции морфоструктуры, локализирующей рудоносные образования, с учетом величины денудационного среза и развития рельефообразующих процессов.

Учитывая, что наряду с Ары-Булакской группой россыпей подобные находки известны и в Сретенском районе Забайкалья, где россыпи также сформированы за счет промежуточных коллекторов, области развития нижнемеловых «оловоносных конгломератов» несомненно заслуживают дальнейшего всестороннего изучения (Апельцин, Гурвич, 1970 г.).

Некоторыми перспективами выявления древних россыпей в пределах рассматриваемого Агинского оловоносного района отличается также Дурулгуйский рудный узел (правобережье р. Онон). Известные здесь россыпи характеризуются иными условиями формирования и непосредственно примыкают к коренным источникам, приуроченным к штокам верхнеюрских гранитов и их экзоконтакту (Дедовогорское, Ималкинское, Малое Ангатуйское и другие). По данным Е. С. Авиловой, Б. В. Щекина и других, оловорудные проявления представлены здесь в основном кварцевыми жилами и штокверкоподобными сетчатыми зонами, обычно тяготеющими к крупным тектоническим нарушениям. Благодаря локализации источников питания в пределах протяженных тектонических структур и зон интенсивной трещиноватости, обычно наследуемых гидросетью, часто создавались весьма благоприятные предпосылки формирования россыпей, даже при отсутствии богатых коренных месторождений. Этому способствовало поступление в процессе переотложения больших масс оловоносных пород (Гурвич, 1969 г.).

Примером продуктивных отложений такого типа является россыпь, приуроченная к долине Большого Ангатуя. Она сформирована за счет размыва слабо минерализованной штокверкоподобной зоны и ряда других оловорудных проявлений, эродированных на склонах пади. Выполняющие долину отложения характеризуются в разрезе трехчленным строением (рис. 34).

Нижний аллювиальный горизонт, концентрирующий основные запасы олова, перекрыт делювиально-солифлюкционными отложениями с весьма неравномерным распределением касситерита, но иногда достигающим относительно высоких концентраций в отдельных пропластках. Верхний аллювиальный горизонт, приуроченный к голоценовому врезу, отличается ограниченными запасами и убогим содержанием олова.

Е. С. Авилова и Б. В. Щекин, занимавшиеся детальным изучением россыпной оловоносности Дурулгуйского узла, отмечают, что среди развитых здесь различных морфогенетических типов россыпей ведущее положение занимают аллювиальные (долинные) сложного строения, с одним или двумя продуктивными пластами. Известны случаи более высокого обогащения касситеритом верхнего пласта относительно нижнего. В этом отношении характерна россыпь пади Аранжур. Здесь, по данным Н. Н. Арманд, В. Д. Бе-

лоусова и Б. В. Шекина («Новые данные...», 1975), в пределах переуглубленной долины пласт приурочен к верхнему аллювиальному горизонту, поступление касситерита в который происходило

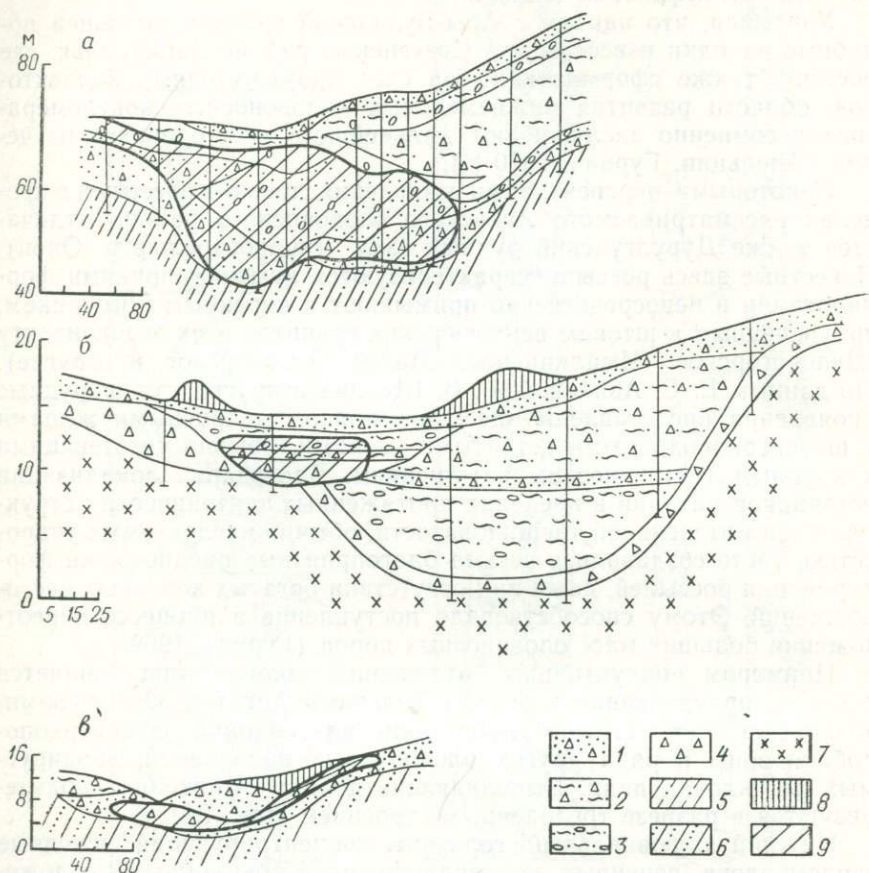


Рис. 34. Типичные разрезы россыпей касситерита по р. Большой Ангатуи (а); пади Аранжур (б); пади Куку-Шивыр (в) (по Б. В. Шекину, 1970).

1 — супесь со щебнем и глыбами; 2 — суглинок со щебнем; 3 — песчано-валунно-галечный материал; 4 — щебнисто-древянный материал; 5 — сланцы и алевролиты; 6 — песчаники; 7 — гранодиориты; 8 — отвалы карьеров; 9 — россыпи касситерита

за счет вскрытия рудных тел Ималкинского месторождения в голоцене.

В другой пади (Куку-Шивыр) также отмечаются более высокие концентрации касситерита в молодом аллювии. Но здесь древний аллювий залегает на террасе и, возможно, частично был переотложен при переуглублении долины.

В целом для россыпей Дурулгуйского узла сохраняется тенденция обогащения нижних частей разреза рыхлых отложений, vyplняющих погребенную гидросеть.

Известны также находки новых погребенных россыпей и в других хорошо изученных районах, в частности в пределах Хапчерангинского рудного узла. Здесь в долине р. Курултей давно известна делювиально-аллювиальная россыпь ключа Оловянного, переходящая в аллювиальную в основной долине. Позже на глубине 20—25 м установлен нижний пласт, выделяющийся более высокой концентрацией касситерита.

Возраст древних оловоносных россыпей пока не ясен. Если верхние пласты в большинстве случаев можно датировать голоценом, то нижние трактовать однозначно нельзя, учитывая блоковую тектонику региона и сопряженную с ней различную локальную активность гидросети. Следует учитывать также выделение В. П. Чичаговым («Поверхности выравнивания...», 1974) в Южном Забайкалье разновозрастных педиментов, среди которых наиболее древние датируются им поздним мелом — палеогеном, самые молодые — ранним и средним плейстоценом. При этом он указывает, что в пределах Агинской платформенной равнины развитие педиментов шло одновременно с формированием поверхностей выравнивания по типу пенеппена.

Многолетние комплексные исследования, проведенные коллективом научных сотрудников МГУ под руководством Ю. Г. Симонова, показали, что в основных районах Восточного Забайкалья сохранились фрагменты региональной поверхности выравнивания мел-палеогенового возраста, с реликтами кор каолинового и монтмориллонитового состава. Наличие позднемеловой и палеоген-миоценовой эпох выравнивания с образованием кор химического выветривания подтверждается большинством исследователей, но, по мнению Ю. Г. Симонова, Л. И. Сизикова и С. П. Тимофеевой (1967 г.), наиболее глубокое выветривание происходило в олигоцене. С. Г. Мирчинк принадлежат находки в отдельных депрессиях и впадинах реликтов донижнемеловых и посленижнемеловых каолиновых кор химического выветривания.

На основании обобщения и анализа материалов по региону В. П. Чичагов («Поверхности выравнивания...», 1974) пришел к выводу, что «в Центральном Забайкалье могут быть выделены фрагменты раннемеловой или позднеюрской-раннемеловой денудационной равнины, существенно видоизмененной в связи с новейшими тектоническими деформациями и последующим развитием процессов денудации».

Приведенные данные по оловоносным россыпям Забайкалья, полученные в последнее время, дают возможность подчеркнуть ряд положений, имеющих важное научное и прикладное значение. Среди них особое внимание следует уделить выделению наиболее продуктивных эпох россыпеобразования.

Основываясь на истории развития рельефа и палеогеографическом анализе, проводившемся многими исследователями, в нео-

тектоническом этапе выделяются три наиболее благоприятные эпохи для образования россыпей: миоцен-плиоценовая (белесая толща), плиоцен-плейстоценовая (рыжая толща) и верхнеплейстоцен-голоценовая (сероцветная толща).

Особый интерес представляет палеогеновая система, характеризующаяся благоприятными палеогеографическими условиями, но недостаточно изученная с позиций морфолитогенеза, определяющего состав рыхлых и, в частности, продуктивных отложений. Подобного внимания заслуживают также верхнемезозойские грубообломочные отложения (нижнемеловые «оловоносные конгломераты»), являющиеся промежуточными коллекторами касситерита. Они широко развиты в прибортовых частях впадин по обрамлению средне-верхнеюрских гранитных массивов и содержат обломочный материал кровли рудоносных интрузий. Продуктивными являются как прибрежно-озерные фации, так и перекрывающие их пролювиальные отложения крупных конусов выноса. Возможно, что они играют роль не только промежуточных коллекторов, но на отдельных площадях локализуют оловоносные россыпи. Подобно россыпям золота, они могут быть связаны не только с депрессионными, но и с водораздельными конгломератами, выделяемыми Р. М. Файзуллиным («Проблемы...», 1970).

Другим не менее важным критерием более полной оценки россыпной оловоносности является вопрос о величине эрозионного среза. Различные исследователи приводят нередко взаимоисключающие данные. Представляется, что наиболее полные результаты получены Ю. Г. Симоновым (1967 г.) с применением методов, базирующихся в основном на геоморфологических и морфометрических работах и связанных с определением объема долин. Применяя методы математической статистики, Ю. Г. Симонов показал, что в ряде районов Забайкалья денудационный срез за кайнозойский цикл в среднем равен 80 м, а при экстраполяции этой величины на мезозой денудация за послерудный этап составила, очевидно, от 300 до 800 м в зависимости от тектонического режима отдельных морфоструктур. Эти данные хорошо согласуются с результатами анализа распределения россыпей в пределах поднятий различной амплитуды. По мнению ряда исследователей (Е. С. Авилова, Н. Н. Арманд, В. Д. Белоусов, Б. В. Шекин), блоки с относительной амплитудой поднятий от 200 до 800 м являются наиболее оптимальными для формирования и консервации продуктивных отложений.

Таким образом, в пределах Забайкалья сохраняются значительные перспективы выявления оловоносных и комплексных россыпей, приуроченных преимущественно к древней гидросети. Среди известных россыпей подобного типа наиболее крупные развиты в более южных районах, на сопредельных площадях Центральной и Восточной Монголии. Остановимся на краткой их характеристике.

Все известные россыпи Монголии (за исключением Южно-Гобийского района) расположены в пределах Южнохэнтэйско-Северокеруленского рудного пояса.

Преобладающими источниками питания россыпей являются поствагматические (грейзеновые и кварцево-жильные) рудные образования кварц-касситеритовой формации, которые известны в четырех основных районах — Верхнеононском, Модотинском, Южнохэнтэйском и Среднегобийском («Омнот-Хэнтэй-Хойт..», 1974).

Верхнеононский район расположен в центральной части хребта Хэнтэй и является непосредственным продолжением ландшафта Чикойской тайги. Эта территория отличается широким развитием оловянной и вольфрамовой минерализации. Весьма благоприятные геоморфологические условия способствовали формированию здесь многочисленных оловоносных и комплексных (с вольфрамом) россыпей, среди которых наиболее крупной является Верхне-Кумырская, приуроченная к верховьям одноименной реки (приток р. Менза). Аллювиальные продуктивные отложения представлены крупнозернистыми гравелитистыми песками, супесями и суглинками с незначительным объемом гальки. По бортам долины сохранились реликты древних аллювиальных образований, а по логам и распадкам — делювиально-пролювиальные отложения. Оба типа отложений характеризуются комплексным касситеритовольфрамитовым составом, причем среднее содержание трехоксида вольфрама превышает содержание олова (Гурвич, 1968 г.).

Более детально изучены оловоносные и комплексные россыпи Модотинского рудного узла, совмещенного с Модотинским массивом гранитоидов. Здесь известны две группы россыпей — собственно Модотинская (Баин-Модская) и Хужиханская (рис. 35).

На участке Баин-Мод оруденение представлено непромышленными многочисленными кварцевыми жилами и прожилками с касситеритом и вольфрамитом, залегающими преимущественно в широкой (до 1,5 км) зоне северо-восточного простирания. Отдельные мелкие рудные тела отмечаются также по обоим бортам долины и в плотике.

подавляющая часть известных коренных источников Хужиханской группы россыпей расположены на водоразделе ручьев Правого Хужихана и Большого Лога. Оруденение представлено мало-мощными кварцевыми жилами и прожилками, а также обособленными зонами грейзенов, образующими в ряде случаев слабо-минерализованные штокверкоподобные тела, протяженностью от первых десятков метров до 1 км, при мощности от 1—2 м до сотен метров.

В структурно-геоморфологическом отношении район приурочен к южному флангу Хэнтэйского сводового поднятия, являющегося продолжением на территории Монголии морфоструктурной области Даурского свода, характеризующейся чередованием больших и малых сводов со средне-низкогорными хребтами и внутригорными впадинами (Симонов, 1972).

В распределении типов рельефа наблюдается определенная зональность. В северной части с высотными отметками около

1800 м сохранились на незначительной площади реликты древней поверхности выравнивания. Гипсометрически ниже расположен

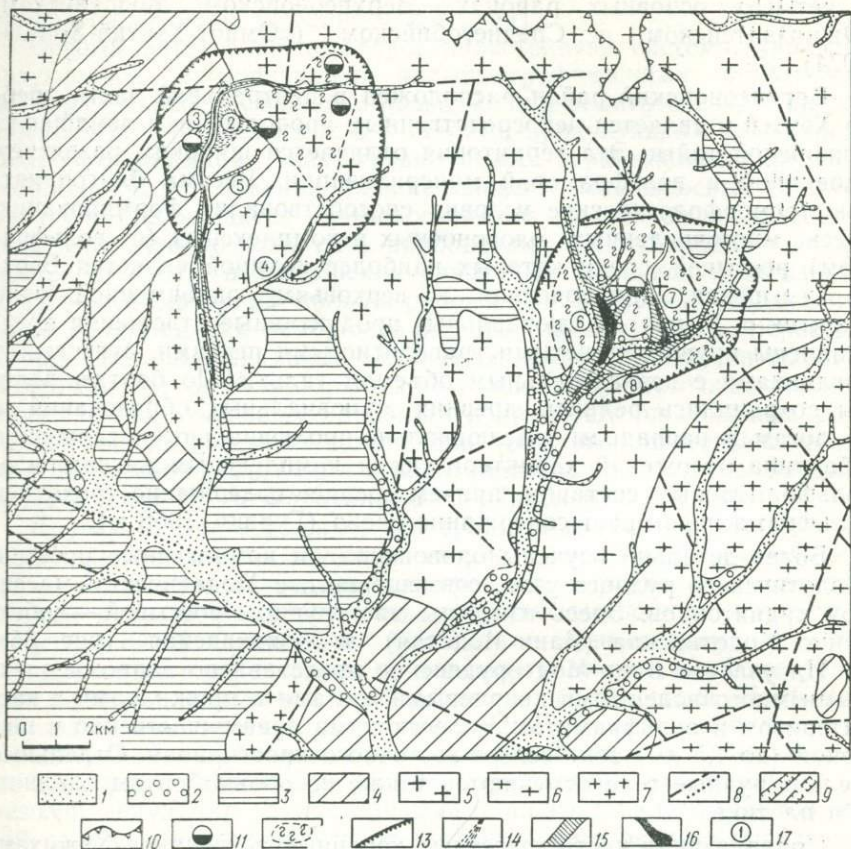


Рис. 35. Схема размещения россыпей Модотинского рудного узла (по Л. З. Быховскому, С. И. Гурвичу, Н. В. Клименкову и др., 1974).

1 — верхнеплейстоценовые и голоценовые отложения низкой и высокой поймы; 2 — верхне-среднеплейстоценовые отложения I надпойменной террасы; 3 — пермские песчаники, конгломераты, алеволиты; 4 — верхнепротерозойские гнейсы, кристаллические сланцы, метаморфизованные песчаники, алеволиты; 5 — верхнетриасовые — нижнеюрские средне-крупнозернистые биотитовые граниты; 6 — каменноугольные адалеллиты, граниты, плагиограниты, гранодиориты; 7 — нижнепалеозойские мелко- и среднезернистые граниты, гранодиориты, гранит-порфиры; 8 — тектонические нарушения (прослеженные, перекрытые четвертичными отложениями); 9 — древние долины, установленные и предполагаемые; 10 — граница распространения древней поверхности выравнивания; 11 — коренные оловольфрамовые рудопроявления; 12 — грейзенизация; 13 — граница рудного поля; 14 — склоновые россыпи; 15 — долинные аллювиальные и ложковые россыпи (верхний пласт); 16 — нижний пласт; 17 — россыпные месторождения: 1 — Баин-Мод, 2 — Средний, 3 — Дальний, 4 — Бургасты, 5 — 12-й Лог, 6 — Правый Хужихан, 7 — Большой Лог, 8 — Левый Хужихан

пояс расчлененного эрозией среднегорного рельефа (высоты 1700—1800 м), занимающего большую часть рассматриваемой территории. Участки низкогогорного и холмисто-увалистого рельефа при-

урочены к опущенным блокам, к которым тяготеют долины основных рек района. Специфические особенности денудации проявились в широком развитии долинных педиментов, возникающих на породах гранитного состава, интенсивно измененных процессами корообразования.

Гидросеть района сформировалась по тектонически ослабленным зонам и разрывным нарушениям в виде сложной сети различно ориентированных часто спрямленных долин различных порядков. Резкое изменение направления долин наблюдается там, где они наследуют разломы различных систем. Характерна частичная перестройка гидросети, фиксируемая наличием древних тальвегов, не освоенных последующей эрозией и, как правило, смещенных относительно современных.

В пределах Модотинского рудного узла россыпи отличаются значительным разнообразием (элювиально-склоновые, ложковые, долинные).

Элювиально-склоновые россыпи представлены преимущественно продуктивными отложениями делювиального сноса и плоскостного смыва — различными по цвету супесями, крупнозернистыми песками и суглинками, содержащими большое количество крупно-обломочного материала.

Ложковые россыпи также пользуются широким развитием, локализуясь в долинах I—II порядка с крутыми склонами в верховьях. Протяженность россыпей обычно не превышает 2—2,5 км. В продольном разрезе логов наблюдается постепенный переход от элювиально-склоновых (в отдельных случаях даже элювиальных образований) до пролювиально-аллювиальных. В верховьях логов промышленный пласт обычно узкий (10—40 м), маломощный (1—2 м) и залегает на плотике, а в приустьевой части является «висячим».

Особое положение среди этой группы россыпей занимает россыпь Большого Лога, отличающаяся по размерам, строению и запасам. Долина, локализирующая эту россыпь, заложена по минерализованной тектонической зоне и имеет пологие борта в верховье. В средней части долина резко сужается (до 30—50 м), ближе к устью вновь расширяется до 230—260 м и заканчивается большим конусом выноса шириной до 2 км. На всем протяжении россыпи наблюдается смещение современного тальвега относительно древнего. Россыпь имеет двухпластовое строение. Нижний пласт тяготеет к красноватным суглинкам погребенной узкой долины, перекрытой конусом выноса. Общая мощность осадков в нижней части россыпи достигает 50 м, а разрыв между пластами — более 20 м. Полезными компонентами россыпи являются касситерит и вольфрамит, которые в классе +1 мм составляют около 50%.

Долинные аллювиальные россыпи, имеющие ведущее промышленное значение, располагаются в левых притоках р. Ценхер — ручьях Баин-Мод, Левый и Правый Хужихан, Бургасты. Наиболее крупные из них имеют двухпластовое строение.

Нижний оловоносный пласт залегает в красноцветных образованиях долин Баин-Мод и Правый Хужихан; протяженность его сравнительно невелика и составляет 3 км в долине Правого Хужихана и 4,2 км — в Баин-Мод. По сравнению с верхним пластом он характеризуется значительной мощностью (до 20 м) и более высокими концентрациями полезных компонентов (рис. 36).

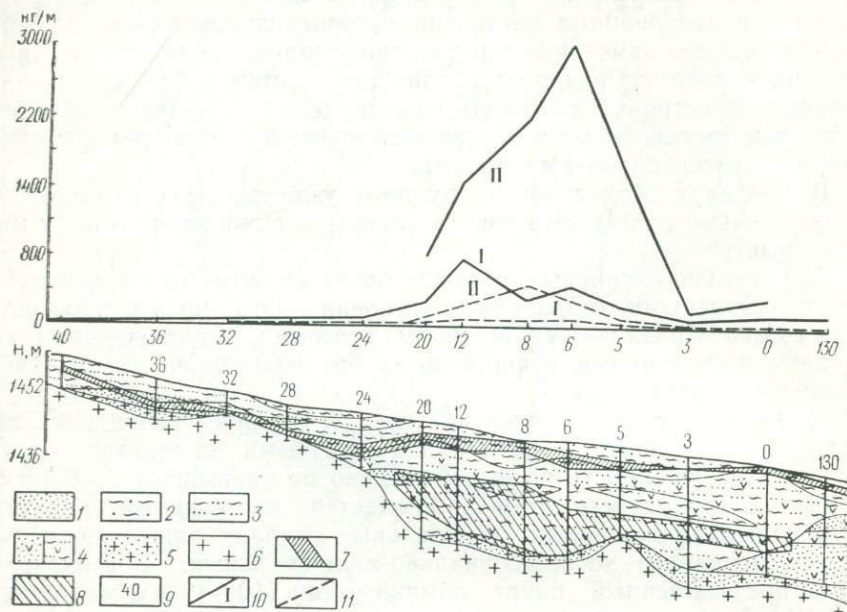


Рис. 36. Продольный разрез и графики изменения вертикальных запасов россыпи Правый Хужихан.

1 — песок слабоглинистый; 2 — сероцветные суглинки с галькой и гравием; 3 — сероцветные супеси с галькой и гравием; 4 — красноцветные пески, суглинки, супеси с галькой, гравием и древесью; 5 — кора выветривания гранитов; 6 — граниты; 7 — верхний продуктивный пласт; 8 — нижний пласт; 9 — номер разведочной линии; 10 — вертикальные запасы касситерита; 11 — вертикальные запасы вольфрама: I — верхний пласт, II — нижний пласт

В центральной части россыпей разрыв между верхним и нижним пластами не превышает первых метров, но увеличивается вниз по долине до 15—20 м. Более обогащена приплотиковая часть, где содержания касситерита и вольфрама нередко достигают нескольких десятков килограммов на 1 м<sup>3</sup>. Верхний оловоносный пласт распространен более широко. Так, по руч. Баин-Мод он прослежен на 12 км и приурочен с сероцветным отложениям. Мощность его обычно не превышает 2—3 м при ширине от 20 до 680 м. Минеральный состав долинных россыпей довольно однообразен. Тяжелая фракция представлена в основном касситеритом, вольфрамитом, шеелитом ильменитом, рутилом, топазом и турмалином. Соотношение содержаний касситерита и вольфрама составляет от 10:1 до 40:1.

Новые находки в этом районе погребенных россыпей свидетельствуют о достаточных еще перспективах древней гидросети на выявление оловоносных россыпей не только в пределах этой территории МНР, но и на сопредельных площадях Забайкалья.

Таким образом, во многих подвижных областях северных и средних широт существовали благоприятные палеогеоморфологические и климатические условия для формирования россыпей различного возраста и генезиса.

В заключение следует отметить, что по масштабам проявления эндогенные месторождения олова превалируют в северной части Тихоокеанского пояса по сравнению с его южными регионами. Что касается россыпей, то мы наблюдаем обратную картину. Это вызвано благоприятной современной климатической обстановкой в субэкваториальной зоне, способствующей развитию кор химического выветривания и соответственно формированию россыпей даже из слабоминерализованных пород субстрата.

## 2. Россыпи платформенных областей

Оловоносные и комплексные оловянно-редкометалльные россыпи в пределах платформ и их щитов известны во многих районах мира. За рубежом наиболее широко они развиты в областях активизации Африканской, Китайской и Австралийской платформ. Менее крупные россыпи известны в пределах Северо-Американской платформы и Бразильского щита.

В СССР в связи с широким развитием оловорудных месторождений и сопровождающих их россыпей в подвижных областях платформы в этом отношении менее изучены. В последние годы внимание исследователей стали привлекать проблемы оловоносности Русской платформы и ее щитов.

В свете представлений о развитии в этих регионах процессов автономной активизации, по мнению А. Д. Щеглова (1968), даже хорошо известный оловоносный район Питкяранты (Балтийский щит) заслуживает переоценки, поскольку орудование скарнового типа тяготеет здесь к экзоконтакту гранитов рапакиви в пределах крупных разломов. В этом районе Северного Приладожья граниты поздней фазы местами превращены в апограниты и альбититы с проявлением редкометалльной минерализации (колумбит, касситерит). Как отмечает М. П. Материков (1974), потенциально оловоносные комплексы развиты и в западной части Кольского полуострова. Однако вопрос россыпной оловоносности Балтийского щита остается совсем не изученным. Вместе с тем условия континентального литогенеза весьма благоприятны для формирования россыпей, учитывая находки здесь реликтов доледниковых кор химического выветривания. Особого внимания несомненно заслуживает также Украинский кристаллический щит.

Украинский щит. В его пределах перспективы выявления эндогенных месторождений и комплексных оловянно-редкометалльных россыпей различных генетических типов наиболее отчет-

ливо проявились пока в двух районах — на Волыни и в Приазовье (Гурвич, 1960). Последний район охватывает поля развития редкометалльных гранитов, метасоматитов, пегматитов, щелочных и нефелиновых сиенитов, в связи с чем рассмотрение его будет проведено в следующей главе, посвященной россыпям тантало-ниобатов. Здесь же мы более подробно остановимся на оловоносных и комплексных россыпях, развитых на северо-западной окраине щита, где условия континентального и прибрежно-морского литогенеза характеризуются всеми специфическими чертами, присущими платформенным областям.

Изучением различных аспектов минерализации субстрата, кор химического выветривания и россыпей занимались здесь А. Х. Аксельруд, М. Ф. Веклич, Л. С. Галецкий, С. И. Гурвич, Л. Б. Зубков, Н. Ю. Левковская, И. Л. Личак, В. Ф. Лунько, С. В. Металиди, Б. Ф. Мицкевич, А. П. Ромоданова, А. Я. Хатунцева и другие исследователи. В результате этих работ было установлено, что россыпи приурочены исключительно к площадям развития так называемых пержанских гранитов, выделенных впервые в 1929 г. Н. И. Безбородько как «динамограниты». Долгое время они параллелизовались с гранитами сложного Коростенского комплекса, ядро которого составляет массив габбро-норитов и лабрадоритов, а по периферии развиты разновозрастные граниты. Установлено, что площадь распространения пержанских «динамогранитов» сложена довольно разнообразным комплексом пород и характеризуется сложным тектоническим строением. Основным структурным элементом, определившим особенности металлогении северо-западной окраины щита, является Сущано-Пержанская тектоническая зона протяженностью более 200 км. Она охватывает разнообразные докембрийские комплексы гранитоидов и сформирована, вероятно, в условиях активизации щита. В пределах этой тектонической зоны развиты субщелочные граниты, арфведсонитовые и эгириновые щелочные сиениты и связанные с ними щелочные метасоматиты, кварц-слюдистые и кварц-флюорит-слюдистые грейзены. Для пержанских гранитов (наряду с оловом) характерны цирконий, ниобий и тантал, спорадически молибден и вольфрам. В пределах рассматриваемого комплекса пород установлены также в виде аксессуаров циртолит, бастнезит, паризит, гентгельвин, фенакит, берилл и другие редкометалльные минералы («Закономерности...», 1960; Зубков, Галецкий, 1966).

В геоморфологическом отношении северная окраина щита расположена в пределах правобережного Полесья, представляющего собой аккумулятивную равнину, наложенную на денудационную поверхность кристаллических пород, сформированную в верхнемезозойское время. Главные черты рельефа обусловлены деятельностью водно-ледниковых потоков.

На кристаллическом фундаменте широко развита кора выветривания площадного и линейного типов, перекрытая четвертичными, реже мезозойскими, палеогеновыми и неогеновыми отложениями, мощность которых обычно не превышает 10—20 м. Наиболее бла-

гоприятные условия для формирования мощной коры выветривания существовали в пределах зон тектонических нарушений, где она развита на глубину до 70—100 м. Возраст коры выветривания окончательно не ясен, но по результатам спорово-пыльцевых анализов установлено верхнеюрское-нижнемеловое время перекрывающих ее континентальных отложений.

Среди различных рудных минералов коры выветривания наибольший интерес представляют колумбит-танталит и касситерит. Химическими анализами установлено, что соотношение пятиокси ниобия к танталу в коре выветривания составляет 2,85, а основными минералами-носителями являются колумбит-танталит и редкоземельный тантало-ниобат типа фергусонита. Колумбит-танталит почти всегда встречается совместно с касситеритом, в том числе в виде сростков довольно крупных зерен, иногда с тончайшим проращением. Обычны также его сростки с кварцем, реже с цирколитом. Размер зерен варьирует от 0,05 до 1,3 мм, но преобладает 0,1—0,2 мм. По данным химических анализов, в минерале установлено содержание суммы пятиокси ниобия и тантала 71,7—74,8%, при отношении пятиокси ниобия к танталу (5—7) : 1. Редкоземельный тантало-ниобат типа фергусонита встречается спорадически.

Наряду с вхождением ниобия в колумбит-танталит и фергусонит установлено рассеяние его по многим пороодообразующим и рудным минералам. Это особенно отчетливо устанавливается в касситеритах из коренных пород и россыпей, отличающихся высокой концентрацией ниобия и тантала, составляющих в сумме 4,91—5,34% (пятиокси) при среднем соотношении 10:1. Рассеяние ниобия в пороодообразующих и рудных минералах, по предварительным расчетам, в целом составляет около 30% (относительных), но иногда превышает 50% (в слюдистых породах). Сопоставление данных по содержанию ниобия показывает, что в коре выветривания его концентрация повышается в 2,1—2,2 раза по сравнению с невыветрелыми материнскими породами. Особенно заметно относительное увеличение содержаний колумбита. Накопление его связано с естественным обогащением в процессе выветривания пород и выносом легко растворимых компонентов. Фиксируемое в большинстве случаев довольно резкое увеличение концентрации колумбита в коре выветривания по сравнению с материнскими породами при близком валовом содержании пятиокси ниобия (по химическим анализам) свидетельствует о возможном образовании вторичного колумбита за счет ниобия, выходящего из пороодообразующих минералов, в первую очередь слюд.

Пространственное обогащение коры выветривания неравномерное, но четко согласуется с положением наиболее интенсивно метасоматически переработанных материнских гранитов. При этом содержание ниобия резко падает, вплоть до практически полного исчезновения в неизмененных материнских гранитах и их коре выветривания, что свидетельствует о послемагматическом генезисе ниобиевой минерализации.

В результате перемива кор химического выветривания, развитых по метасоматически измененным гранитам, сформировались комплексные олово-редкометалльные россыпи, состав шлиха которых практически повторяет минеральный комплекс коры выветривания. Редкометалльные россыпи приурочены преимущественно к палеогеновым и, в меньшей степени, к неогеновым и четвертичным отложениям. Распространение их носит в основном островной характер. Они встречаются в долинообразных понижениях погребенного рельефа кристаллического фундамента и коры выветривания, где залегают на глубинах от 4—6 до 10—15 м. Мощность их колеблется от 2—4 до 6—7 м. Стратиграфия отложений достаточно неопределенна, поскольку палеонтологические и палеоботанические остатки встречаются в них крайне редко. Проведенное в этом направлении изучение и литолого-фациальное сопоставление с осадками прилегающих районов позволило выделить образования киевского и харьковского ярусов, а также полтавской свиты.

Отложения киевского яруса представлены мелководными кремнистыми песчаниками зеленовато-серого цвета мощностью от 0,2 до 1,0 м. Цементация неравномерная, преобладают участки рыхлых пористых пород вследствие выщелачивания раковин моллюсков и фораминифер. Формы обнаруженной в песчаниках фауны, по заключению Б. Ф. Зерлецкого и Д. Е. Макаренко, встречаются исключительно в верхах верхнего эоцена.

Горизонт вышележащих глауконитсодержащих отложений относится к харьковскому ярусу. Он имеет довольно широкое, но также островное распространение. Сплошное развитие морских осадков харьковского яруса известно несколько севернее, по обрамлению кристаллического фундамента. Эти отложения представлены мелкозернистыми и тонкозернистыми зеленовато-серыми до темно-зеленых песками и глинами, незначительно изменяющимися как по площади развития, так и в вертикальном разрезе. Характерно наличие хорошо окатанного мелкого гравийного материала, что дополнительно свидетельствует о седиментации их в мелководном морском бассейне. На основании результатов спорово-пыльцевых анализов, находок спикул губок и аналогии с подобными зелеными глауконитовыми песками Припятской депрессии и Днепровско-Донецкой впадины Е. Г. Ломаева и Д. Е. Макаренко отнесли эти отложения к харьковскому ярусу.

Редкометалльные россыпи развиты главным образом в пределах междуречных пространств в бассейне рек Уборть и Перга (рис. 37). Характерной чертой этих россыпей является отсутствие связи с современной гидросетью и приуроченность их к элементам погребенного рельефа (долины, балки, впадины, заливообразные понижения), обычно не выраженным на дневной поверхности Полесской равнины. Выполняющие их палеогеновые отложения залегают на остаточной коре выветривания кристаллических пород или на вторичных каолинах. Ширина долин и балок колеблется в пределах 100—250 м, иногда достигает 500—800 м при глубине эрозионного вреза лишь 8—15 м.

Россыпи залегают в основании харьковских отложений в виде отдельных разобщенных залежей (рис. 38). Мощности пластов колеблются от 0,5—1 до 3—4 м. Они представлены мелкозернистыми, реже средне- до крупнозернистыми каолинсодержащими песками серого и светло-серого цвета с примесью угловатых обломков

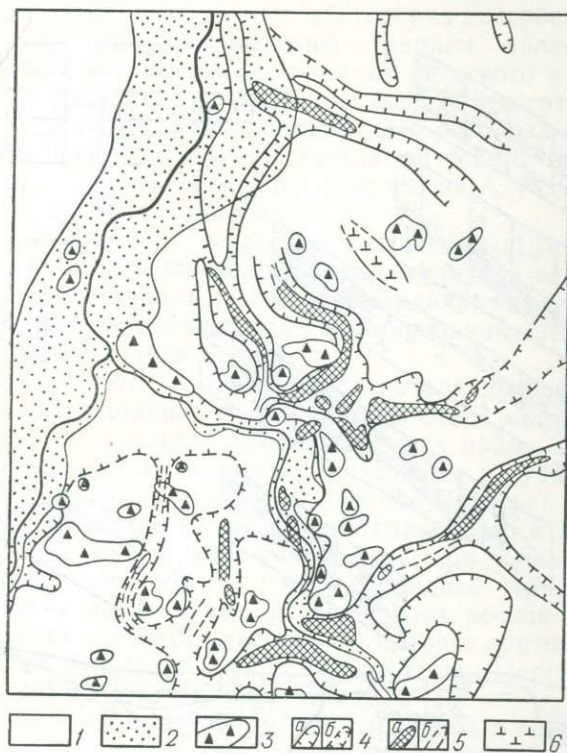


Рис. 37. Схема размещения россыпей на северо-западе УКЩ.

1 — задровая аккумулятивная равнина; 2 — речные долины; 3 — денудационные останцы; 4 — древние долины; 5 — колумбит-касситеритовые россыпи: а — установленные, б — предполагаемые; 6 — элювиально-делювиальная россыпь циркона

кристаллических пород. Наличие хорошо окатанной кварцевой гальки свидетельствует о длительном периоде их образования и, возможно, неоднократном переотложении. Вполне вероятно, что продуктивный горизонт песков, залегающий непосредственно на каолинах, представляет собой продукты перемытой континентальной мезозойской толщи. Следы размыва фиксируются в нижней части морских палеогеновых отложений, представленных обычно тонкими песчано-глинистыми осадками с примесью более крупного кластического материала, в том числе обломков и щебенки кри-

сталлических пород, реже кварцевой гальки, характерных для подстилающего их продуктивного горизонта. На размыв указывает также появление в основании морских отложений палеогена колумбита и касситерита. Обращает на себя внимание довольно устойчивое гипсометрическое положение россыпей, локализующихся

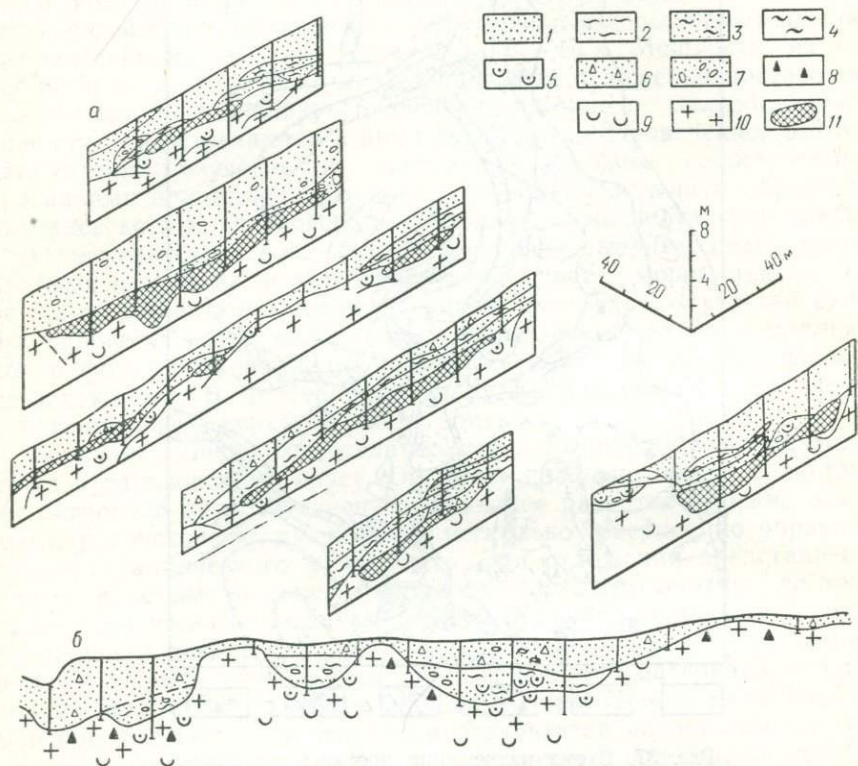


Рис. 38. Колумбит-касситеритовые россыпи северо-западного склона УКЩ.  
*a* — блок-диаграмма; *б* — разрез Полесской равнины. 1 — песок; 2 — суглинок; 3 — супесь; 4 — глина; 5 — вторичный каолин; 6 — щебень; 7 — песок с галькой и гравием; 8 — дрова; 9 — каолин; 10 — граниты; 11 — продуктивный пласт

главным образом в пределах высот 154—160 м. Длительное время их формирования и неоднократные процессы перемыва продуктивного горизонта привели к тому, что россыпи сохранились лишь в виде разобщенных полей. Характерной чертой минерального состава россыпей этого участка является их комплексный касситерит-колумбитовый состав. Остальные редкометалльные минералы, отмеченные в россыпях (циркон, циртолит, бастнезит, вольфрамит и др.), практически интересных концентраций не образуют.

В россыпях рассматриваемого участка касситерит встречается главным образом в виде зерен неправильной, реже изометричной

и бипирамидальной формы, размер которых изменяется от 0,1—0,3 до 1,5—3,0 мм (преобладает 0,4—0,8 мм). Иногда он в сростках с колумбитом и кварцем. Сходный касситерит присутствует вместе с колумбитом в подстилающей россыпь коре выветривания.

Анализ фактических материалов по рассматриваемому району (в сопоставлении с данными по прилегающим площадям) показывает, что палеогеографическая обстановка способствовала образованию континентальных россыпей в раннем палеогене и прибрежно-морских россыпей в отложениях киевского и харьковского ярусов, но последующее развитие района в четвертичное время привело к их значительному размыву. Это обусловлено положением области в пределах окраины кристаллического щита, которая по схеме геоморфологического районирования А. М. Маринича относится к подпровинции Южного Полесья.

Небольшая мощность покровных отложений (10—20 м), выход на поверхность кристаллического фундамента или весьма неглубокое его залегание оказали существенное влияние на строение современного рельефа, большую роль в формировании которого сыграла деятельность талых ледниковых вод.

Долина р. Уборть частично унаследовала древнее доледниковое ложе и имеет ширину от нескольких сотен метров до первых километров. В ее пределах прослеживаются пойма и две надпойменные террасы. Сравнение строения долины р. Уборть в пределах кристаллического щита (Житомирское Полесье) и Припятского прогиба (Мозырское Полесье) показывает, что в Житомирском Полесье террасы значительно уже и выше при уменьшенной мощности аллювия, что обусловлено тенденцией кристаллического щита к возвышению во время формирования речной долины. Современная долина р. Перги (основного правого притока р. Уборть) лишь частично унаследовала древнюю долину. Иногда по бортам в ней обнажены кристаллические породы.

Древние долины практически не выражены в современном рельефе (см. рис. 38) и оловоносные россыпи развиты в основном на водораздельных площадях. Необходимо особо подчеркнуть, что подавляющее большинство россыпей не сопровождается шлиховыми ореолами в перекрывающих их четвертичных отложениях. Поэтому отсутствие касситерита в шлихах не может служить критерием отрицательной оценки подобных площадей. В данном случае максимальным площадным распространением пользуются водно-ледниковые отложения, представленные среднезернистыми песками кварцевого и кварц-полевошпатового состава с примесью гравийно-галечного материала, иногда с прослоями суглинков, глин и торфа. Лишь на отдельных участках, приуроченных к долинообразным понижениям, в подошве этих флювиогляциальных песков установлены повышенные содержания касситерита и колумбита, присутствие которых обусловлено перемывом продуктивных дочетвертичных отложений.

В целом для россыпей района характерны платформенные условия формирования, характеризующиеся предшествующим раз-

витием региональных кор химического выветривания. Россыпи относятся несомненно к группе автохтонных образований, хотя и не всегда четко устанавливается их непосредственная связь с коренными источниками, вопрос о которых, по нашему мнению, окончательно пока не решен. Об этом свидетельствуют особенности минерального состава россыпей. Так, касситерит, установленный в метасоматитах и развитых по ним корах выветривания, характеризуется пониженным содержанием  $\text{SnO}_2$  (90—91%), высокой концентрацией  $\text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Ta}_2\text{O}_5$  (4,91—5,34%) и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (1,39—1,80%). При выделении он попадает в сильноэлектромагнитную фракцию и характеризуется бипирамидальным габитусом; нередко отмечаются его сростки с колумбитом. Однако подавляющая часть касситерита из россыпей неэлектромагнитна; содержание  $\text{SnO}_2$ —93,7—96,0%;  $\text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Ta}_2\text{O}_5$  — 1,46—3,58%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — 0,1—0,15%. Наличие этого типа касситерита в россыпях, очевидно, не может быть объяснено лишь поступлением из пержанских гранитов (апогранитов), где он присутствует в виде аксессуариев.

В этом отношении показателем также и вольфрамит, который первоначально нами установлен в переотложенных каолинах на двух участках. В первом случае (0,4—0,7 кг/м<sup>3</sup>) — вблизи контакта пержанских гранитов с метаморфической толщей; во втором (0,8—4 кг/м<sup>3</sup>) — на площади развития кварц-сидерофиллитовых грейзенов (с многочисленными обломками жильного кварца) совместно с колумбитом, циртолитом, сульфидами, магнетитом и флюоритом. Вольфрамит был встречен как в виде пластинчатых кристаллов и их обломков, так и в сростках с кварцем и арсенопиритом. Результаты химических анализов показали близкие в нем содержания ферберитового и гюбнеритового минералов, а по составу основных окислов и элементов-примесей он близок вольфрамитам Спокойнинского месторождения («Вольфрамитовые месторождения...», 1963). Последующими детальными исследованиями (Л. С. Галецкий, Л. Б. Зубков, В. Ф. Лунько, С. В. Металиди и др.) было установлено, что вольфрамит присутствует не только в апогранитах, но образует более высокие концентрации в щелочных метасоматитах, кварц-сидерофиллитовых грейзенах и в кварцевых жилах.

Другой особенностью минерального состава россыпей и кор выветривания этого района является присутствие двух разновидностей циркона. Наряду с призматическими бледноокрашенными прозрачными кристаллами встречаются темно-серые, почти непрозрачные бипирамидальные разности, близкие к циртолиту. Последние отличаются более низким содержанием двуокиси циркония (50,2—58,5%), высокой концентрацией глинозема (до 7,2%) и редких земель (1,56—3,95). Показательно также соотношение циркония и гафния. Если в призматических прозрачных кристаллах содержание двуокиси гафния (от суммы двуокисей циркония и гафния) составляет обычно 0,95—1,29%, то в темных бипирамидальных разностях — 5,14—5,76%, что приближает их к альвиту. Интересно заметить, что в касситерит-колумбитовых россыпях пла-

то Джос, по данным Ф. Р. Апельцина и Л. Г. Фельдмана (1958), также отмечаются аналогичные темные непрозрачные цирконы. Авторы указывают, что «для коренных пород (и развитого над ними элювия) установлена определенная связь между концентрацией колумбита и типом фиксируемого в тех же гранитах циркона... Содержание колумбита в гранитах увеличивается по мере того, как сопутствующие ему кристаллы циркона становятся менее вытянутыми, более темными, менее прозрачными».

Все это свидетельствует о недостаточной еще изученности северо-западной части щита.

Среди других районов Украинского щита наиболее перспективными на выявление оловорудных месторождений и сопровождающих их россыпей являются гранитоиды Коростенского плутона на Вольни и Корсунь-Новомиргородского массива в Приднепровье.

В гранитах Коростенского комплекса, развитых на широких площадях, известны зоны метасоматически измененных гранитоидов, к которым могут быть приурочены повышенные концентрации тантало-ниобатов и касситерита.

Корсунь-Новомиргородский плутон сложен основными породами, гранитами группы рапакви и щелочными эгириновыми сиенитами, по-видимому, метасоматического образования. Широким развитием пользуются палеоген-неогеновые отложения различных генетических типов. Имеется указание Н. П. Семененко о наличии в этом районе касситерита, связанного с гранит-порфирами. В свое время Б. А. Гаврусевич отмечал находки касситерита в зоне окварцованных гранитов вблизи г. Житомира. Перспективы выявления оловоносных и комплексных олово-редкометалльных россыпей намечаются также на северо-западном склоне щита и по обрамлению Микашевичского выступа на юге Белоруссии (Гурвич, 1964 г.). Особый интерес в пределах Украинского щита представляет Приазовье.

Другие регионы в пределах платформ и их щитов. Оловорудные и олово-редкометалльные месторождения различных формационных типов пользуются широким развитием в пределах древних платформ и приурочены преимущественно к областям активизации (Щеглов, 1968; Томсон, 1968). Основное промышленное значение принадлежит россыпям, которые являются главным источником получения оловянных концентратов.

К числу регионов, имеющих многолетнюю историю изучения и промышленного освоения, принадлежит Африканская платформа, на территории которой оловоносные и комплексные россыпи в основном сосредоточены в пределах Западно-Африканского (Нигерийско-Сахарского), Центрально-Африканского и в меньшей степени Родезийско-Трансваальского поясов.

Западно-Африканский пояс, прослеживающийся в меридиональном направлении на 1600 км из района плато Джос (на юге) до Туарегского щита, фиксируется кольцевыми интрузиями «молодых» гранитов и сопровождающих их оловянно-вольфрамовых и тантало-ниобиевых месторождений (Щеглов, 1968). В пределах

этого пояса оловоносные и комплексные россыпи известны в Нигере и Сахаре, но наиболее крупные развиты в Нигерии, в районе плато Джос (Апельцин, Фельдман, 1958).

Как отмечает М. Г. Руб («Геология месторождений...», 1969), основными источниками россыпей являются месторождения касситерито-кварцевой формации, представленные грейзеновым, кварц-топазовым и кварцевым типами, генетически и пространственно связанными с «молодыми» биотитовыми и рибекитовыми гранитами, условно относимыми к нижнему палеозою. Подавляющее большинство рудных месторождений не имеет самостоятельного промышленного значения.

В пределах плато Джос, представляющего собой слабо расчлененный древний пенеплен с широким развитием площадной коры выветривания, россыпи отличаются переменным содержанием касситерита, колумбита и вольфрамита. Суммарная концентрация этих минералов обычно составляет от 300—400 до 800—1000 г/м<sup>3</sup>, хотя на отдельных участках их содержание достигает первых килограммов на 1 м<sup>3</sup>. Добыча касситерита и колумбита на протяжении многих лет производилась из россыпей различных генетических типов (практически всего континентального ряда) — от остаточных кор выветривания до аллювиальных (пойменных и террасовых). Однако основная роль длительное время принадлежала аллювиальным россыпям, характеризующимся различной глубиной залегания (5—25 м) и протяженностью (5—15 км).

В последние годы большое значение придается погребенным россыпям, многие из которых неоднократно переотложены в связи с подъемом региона в неогене, а в дальнейшем частично перекрыты базальтами. Современная гидросеть, размывая на отдельных участках базальты, вскрывает и переотлагает продуктивный материал древних россыпей.

Несмотря на 70-летний период освоения россыпей плато Джос, этот район по-прежнему составляет значительный удельный вес в общей добыче олова и ниобия на Африканском континенте и является основным поставщиком колумбитовых концентратов на мировой рынок (Колотухина и др., 1964; Руб, 1969 г.).

Среди других районов развития оловоносных россыпей в пределах Западно-Африканского рудного пояса следует отметить Нигер и Сахару. Источниками питания россыпей здесь также являются месторождения и рудопроявления касситерито-кварцевой формации, связанные с массивами «молодых» гранитов. Россыпи, отличающиеся высоким содержанием полезных компонентов, характеризуются комплексным вольфрамит-касситеритовым и колумбит-вольфрамит-касситеритовым составом.

Отличительной чертой россыпей, развитых в пределах Центрально-Африканского и Родезийско-Трансваальского поясов, является их преимущественная связь с пегматитами, хотя для отдельных площадей существенную роль играет минерализация касситерито-кварцевой, а в отдельных случаях касситерит-силикатной формации.

Наиболее крупные россыпи Центральной Африки известны в Заире. Они детально описаны Н. Кюном (Kip, 1960), который особо выделяет район Северного Лугулу. В полосе около 160 км при ширине 4—5 км прослеживаются поля линзующихся, иногда грейзенизированных пегматитовых тел, приуроченных преимущественно к экзоконтактовым зонам гранитов. Источниками питания россыпей наряду с пегматитами являются также отдельные поля грейзенизации гранитов, кварцевые жилы и прожилки, местами создающие штокверкоподобные зоны. Такое разнообразное развитие минерализации на широких площадях создало весьма благоприятные предпосылки формирования многочисленных россыпей. Среди них практический интерес представляют остаточные, элювиально-склоновые и главным образом аллювиальные касситерит-колумбитовые россыпи (пойменные и террасовые), которые являются в Африке вторым по масштабу (после Нигерии) объектом добычи. В целом для Заира, как и для всей Африканской платформы, роль коренных месторождений в получении касситеритовых и колумбитовых концентратов весьма незначительна.

В пределах Бразильского щита, по данным Б. В. Макеева («Геология месторождений...», 1969), основными объектами добычи являются россыпи, формирование которых связано с пегматитами и, частично, с грейзенизированными гранитами.

Близкая картина наблюдается и в пределах Австралийской платформы. Отличительной особенностью этого региона является разнообразие формационных типов коренных источников. Наряду с существенно оловоносными и танталоносными пегматитами (провинции Дарлинг, Пильбара) отмечается развитие кварцевых жил с касситеритом и вольфрамитом (провинция Кимберли), штокверкоподобных зон и грейзенизированных кварцевых порфиров (Северная территория). Б. В. Макеев отмечает, что, несмотря на многочисленность оловорудных проявлений, они не имеют в регионе существенного промышленного значения, но явились источниками формирования богатых россыпей. Особенно отчетливо это проявляется на рудном поле Гринбушес (провинция Дарлинг), где широко развиты россыпи различных генетических типов, среди которых главное промышленное значение имеют прибрежно-озерные (морские?).

Здесь, в пределах массива раннепротерозойских биотитовых гранитов, прорывающих метаморфическую толщу, развиты интенсивно каолинизированные пегматитовые тела с касситеритом и танталитом и многочисленные оловоносные кварц-турмалиновые прожилки, сопровождающиеся грейзенизацией.

В геоморфологическом отношении рудное поле залегает в пределах слабо расчлененного плато с интенсивным развитием латеритных кор выветривания (Ellis, 1965; Пятнов, 1969). Неглубокая, но весьма разветвленная гидросеть в сочетании с неогеновой (миоценовой) трансгрессией (моря или крупного озера) создали весьма благоприятные предпосылки для переотложения продуктов кор выветривания.

Наряду с аллювиальными россыпями широкое развитие получили прибрежные, формирование которых происходило в мелководных условиях, преимущественно по обрамлению локальных возвышенных участков (островов). Россыпи залегают непосредственно на продуктивных каолиновых глинах и перекрыты латеритами. Мощность продуктивного горизонта колеблется в пределах 5—18 м. В зависимости от положения россыпей относительно локальных источников питания соотношение касситерита и танталита колеблется в очень широких пределах — (5—1000) : 1. Подавляющее большинство древних россыпей уже отработано. Они отличались исключительно высокой концентрацией касситерита, нередко превышавшей непосредственно в полосе пляжа 200 кг/м<sup>3</sup>. Оставшиеся запасы обрабатываются дражным способом (Ellis, 1965).

Приведенные примеры достаточно отчетливо подтверждают широкое развитие в пределах платформ и их щитов оловоносных и комплексных россыпей.

В свете этих данных многие районы СССР требуют проведения детальных палеогеоморфологических и металлогенических исследований. При этом следует учитывать, что широкое развитие разновозрастных кор химического выветривания могло способствовать формированию россыпей касситерита из коренных источников, часто не имеющих самостоятельного промышленного значения.

## Глава IV

### РОССЫПИ ТАНТАЛО-НИОБАТОВ

Россыпи тантало-ниобатов известны среди осадочных образований довольно широкого возрастного диапазона и характеризуются разнообразным минеральным составом в зависимости от типа коренного источника.

В процессе формирования коры выветривания, последующего ее размыва и переотложения различные тантало-ниобаты отличаются индивидуальными особенностями сохранности. В связи с этим для каждого минерала характерны определенные генетические типы продуктивных отложений, в которых он может сохраняться в процессе континентального литогенеза по мере перехода из элювиальных образований в склоновые, аллювиальные или прибрежно-морские (озерные).

Подобно оловоносным и вольфрамоносным россыпям, они являются локальными образованиями ближнего сноса, формирование которых происходит в пределах полей развития коренных источников или их ближайшего обрамления.

Формационные и минеральные типы месторождений и рудопроявлений тантало-ниобатов как источники питания россыпей отличаются довольно значительным разнообразием, характеристика их приведена в работах ряда исследователей (Апельцин, Фельдман, 1958; Бабкин, 1966; Беус, Ситнин, 1960; Бойко, Болотов, 1969;

Гинзбург, 1957; Гинзбург, Овчинников, Солодов, 1970; Гурвич, 1966; Солодов, 1969 и др.).

Источники, за счет которых формирование россыпей представляется наиболее вероятным, определяются Н. А. Шилов как россыпеобразующие формации («Проблемы...», 1970). Следуя этому положению, россыпи тантало-ниобатов целесообразно рассмотреть в связи со следующими россыпеобразующими формациями: редкометалльных гранитов и метасоматитов; пегматитов; комплексов ультраосновных-щелочных пород и карбонатитов; центральных массивов щелочных пород семейства нефелиновых сиенитов.

### 1. Россыпи ореолов редкометалльных гранитов и метасоматитов

Россыпи, связанные с этими формационными типами источников питания, широко развиты в различных фациях континентального литогенеза, а в отдельных случаях и в прибрежно-морских отложениях ближайшего обрамления рудоносного субстрата.

Эндогенная тантало-ниобиевая минерализация связана с метасоматически измененными гранитами и субщелочными гранитоидами. Среди метасоматически измененных гранитов выделяются два близких типа, являющихся источниками формирования комплексных россыпей. Это — альбитизированные граниты (или апограниты по А. А. Беусу) и грейзены. Первые несут тантало-ниобиевую минерализацию в виде танталит-колумбита и микролита. В грейзенах преимущественно концентрируются касситерит и вольфрамит.

Как отмечается в работах А. А. Беуса, А. И. Гинзбурга, А. А. Ситнина и других исследователей, нередко наблюдаются массивы «узкоспециализированных» гранитов, в которых проявлена либо раннещелочная стадия с образованием редкометалльных апогранитов и альбититов, либо стадия кислотного выщелачивания с широко развитой оловянно-вольфрамовой минерализацией в грейзенах.

Оруденение тесно связано с типично трещинными интрузиями, штоками и небольшими куполами ультракислых гранитов и аляскитов, располагающихся как в геосинклинально-складчатых областях на пересечениях разноориентированных разломов, так и в зонах тектоно-магматической активизации, захватывающих разнотипные структурные элементы и, в частности, щиты. Обычно наиболее интенсивно изменены самые прикровельные участки гранитов, представленные лепидолитовыми и циннвальдитовыми, сильно альбитизированными гранитами, во многих случаях амазонитизированными. В апикальных частях, иногда непосредственно под кровлей вмещающих пород, часто проявляется мелкая вкрапленность тантало-ниобатов, представленных колумбит-танталитом, микролитом, а в некоторых массивах — стрюверитом (Гинзбург, Овчинников, Солодов, 1970). С ними ассоциирует касситерит, а в отдельных случаях — вольфрамит. С глубиной содержание

тантала обычно снижается, а концентрация ниобия возрастает. В целом оруденение с глубиной быстро затухает, так что продуктивной является относительно небольшая апикальная часть массивов с мелкой вкрапленностью тантало-ниобиевых минералов. Метасоматически измененные граниты развиты обычно в пределах оловоносных провинций. При этом оловянно-вольфрамовое оруденение локализуется преимущественно в породах кровли. Такой характер эндогенной минерализации иногда приводит к формированию комплексных олово-редкометалльных россыпей. В других случаях наблюдается смещение в плане россыпей касситерита относительно тантало-ниобатов в связи с более ранним вскрытием источников его питания. При этом слабо эродированные массивы обычно сопровождаются только шлиховыми ореолами тантало-ниобатов, иногда при высокой концентрации касситерита в россыпях. В случае значительного вскрытия апикальной части массива отмечается обратная картина — комплексные россыпи тяготеют к «безрудным» гранитам. Ввиду мелкого размера зерен тантало-ниобатов, в том числе легко растираемого при транспортировке микролита, и ограниченной площади оруденения апогранитов, сопровождающие их россыпи характеризуются низкими содержаниями и весьма ограниченными запасами полезных компонентов. Вместе с тем апограниты в благоприятных геолого-геоморфологических условиях могут явиться источниками формирования комплексных промышленных россыпей, как это будет показано ниже на примере Жанчивланского рудного района (МНР).

Среди других источников образования комплексных олово-редкометалльных и собственно редкометалльных россыпей в целом более благоприятных, чем апограниты, особое положение занимает формация метасоматически измененных субщелочных гранитоидов (граносиенитов, щелочных гранитов и др.). Продуктивными являются близкие им образования в зонах щелочного метасоматоза древних метаморфических толщ в консолидированных структурах земной коры с наложенными процессами тектоно-магматической активизации (Щеглов, 1968; Гинзбург, Овчинников, Солодов, 1970 и др.).

Метасоматические процессы обычно развиваются на больших площадях (микроклинизация, рибекитизация, альбитизация, эгиринизация). Как отмечает А. И. Гинзбург, подобно метасоматически измененным аляскитовым гранитам, рассматриваемые образования характеризуются исключительной насыщенностью фтором, который фиксируется в них, но не в виде топаза, а в форме криолита, фторидов кальция и редких земель типа гагаринита, флюорита, реже — фторкарбонатов редких земель.

На основании детального изучения этих образований, проведенного рядом советских исследователей (Ф. Р. Апельцин, А. А. Архангельская, А. А. Беус, А. И. Гинзбург, В. С. Кудрин, Д. А. Минеев, Э. А. Северов, А. А. Ситнин и др.), показано их метасоматическое происхождение, хотя некоторыми зарубежными авторами подобные образования рассматриваются как магматические.

Метасоматически измененные субщелочные гранитоиды характеризуются высокими содержаниями ниобия, циркония, редких земель, реже лития, олова и молибдена (Гинзбург, Овчинников, Солодов, 1970). В этих метасоматитах ниобий всегда превалирует над танталом (в среднем 10:1). Основными рудными минералами в них являются фергусонит, редкоземельный пирохлор, колумбит, реже касситерит, причем часто по фергусониту развивается пирохлор, а по последнему — колумбит. Таким образом, этот формационный тип является преимущественно редкометальным (тантало-ниобиевым) в отличие от метасоматически измененных гранитов, где значительная роль принадлежит оловянно-вольфрамовой минерализации.

Месторождения, связанные с метасоматически измененными субщелочными гранитоидами, отличаются обычно значительными масштабами. По ним (так же, как и по другим комплексам пород) при благоприятных климатических условиях и соответствующем тектоническом режиме развивается кора химического выветривания, которая может представлять самостоятельный интерес для извлечения тантало-ниобатов или отвечать промежуточной формации образования россыпей других типов. Действительно, если в рассматриваемых образованиях содержание пятиокси тантала 40—50 г/т не является промышленным, то в коре выветривания (даже без учета естественного обогащения) оно соответствует в пересчете на колумбит-танталит при соотношении  $Ta_2O_5 : Nb_2O_5 = 1 : 1$  200—300 г/м<sup>3</sup>, а при соотношении 1:10 содержание рудного минерала (колумбита, пирохлора) достигнет 2—3 кг/м<sup>3</sup>. Таким образом, массивы с низким содержанием тантало-ниобатов при выветривании и дезинтеграции могут давать начало корам выветривания с промышленной концентрацией редкометальных минералов. Несомненно также, что коры выветривания субщелочных гранитоидов всегда являются более богатыми по концентрации рудного минерала (при содержании в нем пятиокси тантала в 10—12 раз меньшем), нежели коры выветривания, развивающиеся по массивам измененных гранитов. Следует также учесть, что площади, занимаемые рудоносными субщелочными гранитоидами, во много раз превосходят площади развития типичных редкометальных апогранитов. Поэтому при аналогичных геолого-геоморфологических условиях для формирования значительных по масштабам рудоносных кор выветривания как самостоятельных объектов, так и промежуточных коллекторов для образования россыпей субщелочные граниты во всех случаях представляются более благоприятными, чем апограниты. В конкретных условиях возможность формирования россыпей будет определяться соотношением в коре выветривания (и субстрате) более устойчивых к процессам переотложения и транспортировки тантало-ниобатов (колумбит, эксенит, фергусонит) к плохо сохраняющимся (пирохлор, микролит). При этом не менее важным фактором является характер процессов переотложения продуктивного материала, интенсивность которых определяется соответствующим ре-

жимом гидросети в зависимости от тектонического развития района.

Остановимся на отдельных примерах, характеризующих россыпи тантало-ниобатов платформенных и подвижных областей.

Как уже отмечалось, определенными перспективами выявления редкометалльных россыпей выделяются некоторые районы Приазовья. Здесь наряду с детально изученным щелочно-сиенитовым комплексом, к которому приурочена пироклор-цирконовая минерализация, широко развиты «молодые» трещинные интрузии (Екатериновская, Куйбышевская, Каменномогильская, Зачатьевская и др.). Гранитоиды этих интрузий довольно интенсивно изменены: флюоритизированы, грейзенизированы и амазонитизированы. Детальные исследования, проведенные С. Т. Борисенко, А. М. Болотовым, А. И. Зарицким, Л. Ф. Лавриненко, П. А. Полевой, К. И. Розановым и другими исследователями, привели к выявлению здесь колумбитовых и комплексных касситерит-редкометалльных россыпей различных генетических типов и относительно широкого возрастного диапазона (Борисенко, Зарицкий, Хатунцева, 1973 г.; Гурвич, Болотов, 1968 и др.).

Редкометалльные рудопроявления связаны в Центральном Приазовье с метасоматически измененными сиенитами и поздними гранитами типа «Каменных Могил» (Пятенко и др., 1966 г.), а в Западном Приазовье — с пегматитами (Лавриненко и др., 1974 г.).

Процессы калий-натрового метасоматоза привели к накоплению в гранитах циркония, тантала и ниобия, олова, фтора и др. В сиенитах это выразилось в повышенных содержаниях циркона и пироклора, в гранитах — танталит-колумбита, касситерита, циртолита и малакона, топаза и флюорита, в пегматитах — танталита, колумбита, тапиолита, некоторых других тантало-ниобатов и топаза. Отмеченная редкометалльная минерализация не представляет самостоятельного практического интереса. Однако в домеловое время развилась мощная кора химического выветривания, продукты которой размывались и переотлагались на протяжении практически всей последующей истории развития района.

В осадочных породах, развитых непосредственно на склонах указанных массивов и в ближайшем их обрамлении, отмечаются танталит-колумбит, циркон, касситерит. Так, по данным А. М. Болотова и С. Б. Бравиной («Рудоносные коры...», 1974), в верхнемеловых отложениях установлены танталит-колумбит и касситерит, в бучакском ярусе — танталит-колумбит, в полтавской свите — касситерит, циркон и танталит-колумбит, в среднесарматском подъярусе — танталит-колумбит и циркон.

Продуктивные отложения представлены преимущественно грубо- и разнозернистыми, реже мелкозернистыми песками с переменным количеством глинистого заполнителя. Иногда присутствует хорошо окатанная галька, чаще полуокатанный гравий.

Формирование продуктивных, местами глауконитсодержащих песков происходило в прибрежных зонах верхнемелового, бучак-

ского и среднесарматского морей. В одних случаях это типичные прибрежно-морские образования, в других, по-видимому, прибрежно-дельтовые, выполняющие долинообразные понижения в древнем рельефе, с последующим частичным перемывом в морских условиях. Так, по обрамлению одного из гранитных массивов рос-

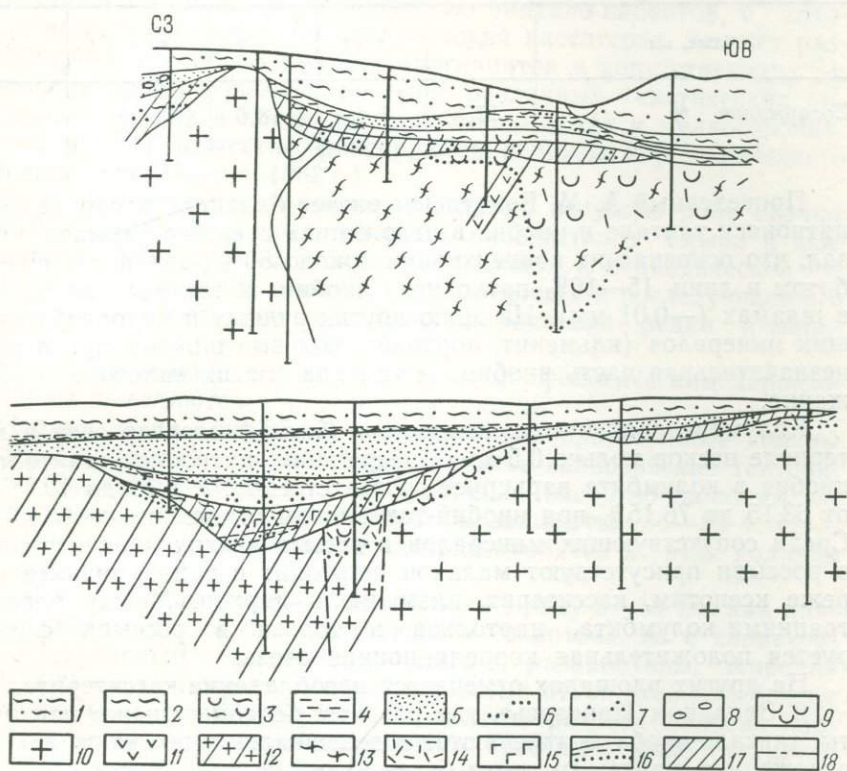


Рис. 39. Разрезы колумбитовой россыпи Приазовья (по А. М. Болотову, 1970).

1 — суглинок; 2 — глина; 3 — глина каолиновая; 4 — песок тонкозернистый; 5 — песок мелкозернистый; 6 — песок среднезернистый; 7 — песок разномзернистый; 8 — песок с галькой; 9 — каолин; 10 — граниты метасоматически измененные; 11 — диориты; 12 — мигматиты; 13 — гнейсы; 14 — зона выветрелых пород; 15 — глауконит; 16 — границы (стратиграфические, литологические, коры выветривания); 17 — продуктивный пласт; 18 — разломы

сыпь колумбита приурочена к разномзернистым полевошпат-кварцевым пескам. Они представляют собой продукты переотложения коры химического выветривания и залегают на гранитах, гнейсах и их коре выветривания. Размерность зерен уменьшается вверх по разрезу горизонта песков, который с постепенным переходом перекрыт среднесарматскими глинами. Прибрежно-морские пески достаточно выдержаны по простиранию (рис. 39). Однако слабая окатанность зерен, плохая сортировка и наличие значительного количества (до 30%) глинистого материала (вторичного као-

лина) свидетельствуют об их относительно быстром захоронении. Максимальные содержания колумбита приурочены к основанию продуктивного горизонта, гранулометрический состав песков которого приведен в табл. 5.

Таблица 5

Класс, мм	+2	-2 +1	-1 +0,5	-0,5 +0,01	-0,01
Содержание, %	17,3	7,6	18,0	28,7	28,4

Проведенный А. М. Болотовым расчет баланса распределения пятиокси тантала и ниобия в отложениях среднего сармата показал, что основная их концентрация (около 80%) связана с колумбитом и лишь 15—16% пятиокси ниобия и тантала находится в шламах (—0,01 мм). На долю других рудных и породообразующих минералов (ильменит, циртолит, полевые шпаты) приходится незначительная часть ниобия и тантала от их валового содержания.

Колумбит практически полностью (99,5%) сосредоточен в материале песков мельче 0,5 мм. Содержание пятиокси тантала и ниобия в колумбите варьирует соответственно от 2,16 до 10,7% и от 63,15 до 76,15% при ниобий-танталовом отношении от 6 до 30. Среди сопутствующих минералов в весьма низких концентрациях в россыпи присутствуют малакон, циртолит и топаз, значительно реже ксенотим, касситерит, ильменит и циркон. Между концентрациями колумбита, циртолита и топаза в россыпи фиксируется положительная корреляционная связь.

На других площадях отмечается преобладание касситерита.

В Западном Приазовье, где развиты редкометалльные пегматиты, тантало-ниобаты отмечаются в делювиальных и аллювиальных отложениях, причем их зерна более крупные.

Таким образом, наиболее важное значение для формирования россыпей в регионе имели предварительная мобилизация устойчивых минералов корами выветривания и особенности последующего тектонического и, как следствие, гидродинамического режима. Вмещающие россыпи горизонты песчаных отложений формировались в пределах слабо расчлененного плато в условиях равнин, эпизодически заливающихся морем.

Совершенно иные геолого-геоморфологические условия существовали при формировании россыпей тантало-ниобатов и касситерита в Жанчивланском рудном районе (МНР), приуроченном к Южно-Хэнтейскому выступу Монголо-Забайкальской складчатой системы.

Отличительной особенностью этого района является широкое разнообразие формаций и минеральных типов оловорудных и редкометалльных образований, сопровождающих гранитоиды Жанчуб-

линского комплекса. Здесь известны рудопроявления касситерит-кварцевой, пегматитовой формаций и оловоносных гранитов (апогранитов), не имеющие самостоятельного промышленного значения.

Альбит-лепидолитовые апограниты слагают здесь апикальную часть штока гранитоидов. Редкометалльная минерализация в них представлена тонкой вкрапленностью тантало-ниобатов, с которыми ассоциирует мелкокристаллический касситерит. За счет разрушения альбит-лепидолитовых апогранитов и сопутствующих им грейзенов сформировались россыпи различных генетических типов, развитые как в пределах среднегорного, так и мелкосопочного рельефа. Повсеместно фиксируются реликты кор химического выветривания (Гурвич, 1968 г.).

В формировании современного рельефа ведущую роль играют процессы физического выветривания, плоскостного смыва и деятельность временных водотоков, приводящая к периодической селевой транспортировке обломочного материала и последующей его аккумуляции. Постоянно действующие водотоки редки и мало мощны.

Среди современных долин по своим морфологическим характеристикам выделяются три основные группы.

Первая группа объединяет относительно протяженные долины (более 10—15 км), открывающиеся в мезо-кайнозойские тектонические депрессии. Они выполнены хорошо отсортированными элювиальными отложениями суммарной мощностью 50—80 м. Промышленных россыпей олова и тантало-ниобатов в этих долинах не известно.

Долины второй группы обычно имеют длину 5—10 км, как правило, лишены постоянно действующего водотока, но с характерным подрусловым стоком. Они хорошо разработаны, широкие (200—800 м); суммарная мощность рыхлых отложений колеблется в них от 10—15 до 25—30 м; нижняя часть разреза сложена плохо отсортированными красноцветными супесями, реже суглинками с большим количеством дресвяно-щебнистого материала.

Третья группа долин объединяет многочисленные, довольно узкие лога протяженностью до 3—4 км при ширине от 50—60 до 150—400 м (в приустьевых частях). Постоянные водотоки в них отсутствуют. Приустьевая часть логов выполнена отложениями конусов выноса, в строении которых довольно четко различаются фации вершинной и верной (периферической) зон (Шанцер, 1966).

Среди известных россыпей касситерита и тантало-ниобатов выделяются элювиально-склоновые, ложковые и долинные.

Элювиально-склоновые россыпи имеют ограниченное промышленное значение, поскольку характеризуются незначительной мощностью продуктивного пласта (0,5—1 м) и крайне неравномерным содержанием касситерита, хотя по отдельным интервалам оно иногда в 20—50 раз превышает минимально промышленное. Несколько иное положение в этой группе занимает остаточная ред-

кометальная россыпь с танталит-колумбитом, микролитом и касситеритом на водоразделе долин Урту-Гоцзагор и Западная, приуроченная к зоне дезинтеграции альбит-лепидолитовых апогранитов. Продуктивный горизонт представлен белым каолиноподобным материалом с дресвой и щебнем интенсивно выветрелых апогра-

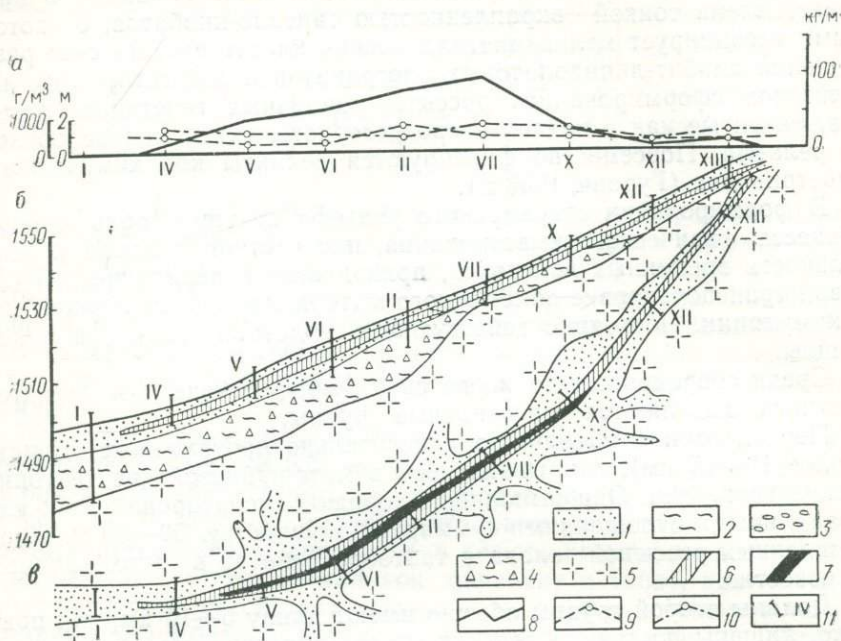


Рис. 40. Строение ложковой россыпи.

а — графики распределения; б — продольный разрез; в — план. 1 — голоценовые — верхнеплейстоценовые пролювиальные и аллювиально-пролювиальные пески и супеси с грубообломочным материалом. Верхне-среднеплейстоценовые (?); 2 — переотложенные красноцветные суглинки и глины с обломочным материалом; 3 — аллювиальные гравийно-галечные отложения с песчаным заполнителем; 4 — средне-нижнеплейстоценовые (?) красноцветные суглинки и глины с грубообломочным материалом; 5 — гранитоиды Жанчублинского комплекса; 6 — продуктивный пласт; 7 — обогащенная часть пласта; 8 — линейные запасы олова; 9 — средние содержания касситерита; 10 — мощность пласта; 11 — положение разведочных линий и их номера

нитов и имеет мощность от 0,7 до 2,2 м. Площадь распространения дезинтегрированных рудоносных пород около 2 км<sup>2</sup> («Танталын. шороон...», 1974).

В ложковых россыпях пласт в верховье обычно имеет ширину 20—40 м и залегает, как правило, в приплотиковой части на глубинах 1,5—3 м. Мощность его не превышает 0,5—1,5 м (рис. 40). В средней части долины, где появляются красноцветные отложения, пласт «отрывается» от плотика и залегает либо на красноцветах, либо внутри разреза сероцветных осадков. В плане он несколько расширяется (50—80 м) и в его пределах возможно выделение одной-двух обогащенных струй. В приустьевой части россыпи, приуроченной к конусу выноса, происходит расширение пла-

ста до 250—400 м. Он распадается на несколько (до 4—5) обогащенных струй, образуя своеобразную структуру «метлы», характерную для конусов выноса. Протяженность россыпей данной группы составляет от 1,5 до 4,0 км, при мощности пласта от 0,5 до 3,0 м.

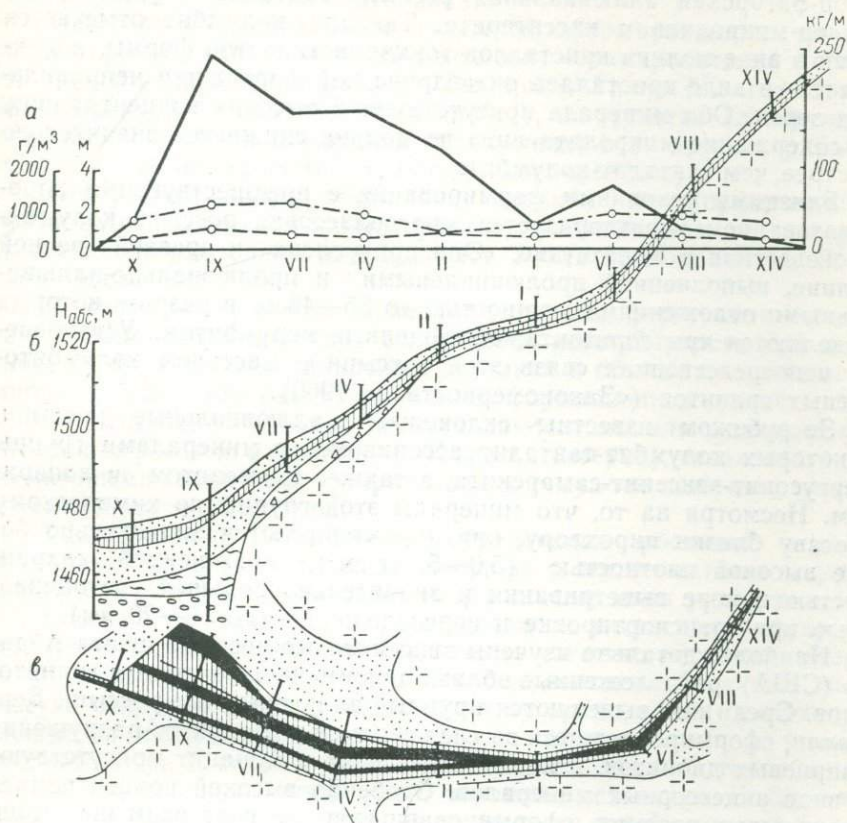


Рис. 41. Строение долинной россыпи.

а — графики распределения; б — продольный разрез; в — план. Условные обозначения см. на рис. 40

К долинному типу относятся ведущие россыпи Жанчивланского района. Они приурочены к относительно широким протяженным долинам без постоянного водотока. Длина россыпей варьирует от 2,5 до 7,0 км, при ширине пласта от 40 до 150 м. Продуктивный пласт мощностью 2—5 м залегает в верхней части аллювиально-пролювиальных отложений и часто на всем протяжении является «висячим». Распределение касситерита относительно равномерное. Максимальные его концентрации наблюдаются в наиболее широких частях россыпей, где сосредоточены основные запасы олова (рис. 41). Продуктивность нижних (приплотиковых) красноцвет-

ных отложений изучена недостаточно, хотя по аналогии с прилегающими районами (Модотинский рудный узел) здесь возможно выявление вторых (нижних) пластов.

К рассматриваемой группе относится также комплексная Уртугоц-Загорская аллювиальная россыпь танталит-колумбита, пироксид-микролита и касситерита. Танталит-колумбит отмечается в ней в виде мелких кристаллов тонкопластинчатой формы, а микролит — в виде кристаллов октаэдрической формы или неправильных зерен. Оба минерала присутствуют в высоких концентрациях, но содержание микролита вниз по долине снижается значительно быстрее, чем танталит-колумбита.

Близкими условиями формирования с предшествующим корообразованием характеризуется многопластовая россыпь колумбита, известная в Казахстане. Она приурочена к древней речной долине, выполненной пролювиальными и пролювиально-аллювиальными отложениями мощностью до 35—45 м, в разрезе которых выделяются три горизонта, обогащенные колумбитом. Установлена непосредственная связь этой россыпи с массивом колумбитоносных гранитов («Закономерности...», 1960).

За рубежом известны склоновые и аллювиальные россыпи, в которых колумбит-танталит ассоциирует с минералами группы фергусонит-эвксенит-самарскита, а также ильменитом и лопаритом. Несмотря на то, что минералы этой группы по химическому составу близки пироксиду, они характеризуются значительно более высокой плотностью ( $5,0—5,9 \text{ г/см}^3$ ), повышенной сохранностью в коре выветривания и значительно большей устойчивостью при транспортировке и переотложении (до 15—20 км).

Наиболее детально изучены эвксенитовые россыпи штата Айдахо (США), расположенные вблизи одноименного батолита гранитоидов. Среди них выделяются крупные аллювиальные россыпи Бер-Велли, сформировавшиеся за счет перемыва продуктов разрушения кварцевых диоритов, в которых эвксенит и монацит присутствуют в виде аксессуарных минералов. Особенно высокой концентрацией отличаются россыпи, сформировавшиеся за счет размыва мощной коры выветривания массивов, расположенных в районах, не подвергавшихся плейстоценовому оледенению. Отмечается приуроченность участков с высокой концентрацией рудных минералов к долинам, подпруженным четвертичными базальтами (Котляр, Кристальный, 1968 г.). Продуктивные отложения представлены крупнозернистыми песками с гравием, причем гравийные горизонты обогащены в десятки раз больше песчаных. Содержание основных полезных компонентов в этих россыпях колеблется в широких пределах (от малых весовых концентраций до нескольких килограммов на  $1 \text{ м}^3$ ), составляя в среднем: эвксенита — около  $600 \text{ г/м}^3$ , колумбита —  $100 \text{ г/м}^3$ , монацита —  $300 \text{ г/м}^3$ , ильменита —  $12 \text{ кг/м}^3$ .

Значительный интерес представляют аллювиальные россыпи Риу-Гранди-ду-Норти (Бразилия), где наряду с монацитом и цирконом присутствует самарскит. Основные рудные минералы в виде аксессуариев неравномерно распределены в мигматитах и про-

рывающих их протерозойских гранитах, за счет размыва которых сформировались аллювиальные россыпи. Среди месторождений этой группы минералов следует также отметить россыпи с поликразом в районе Пионервилл (США) и оловоносные россыпи с приоритом в Эмбабаане (Африка).

Известны находки мелких россыпей, сформированных за счет аксессуарных минералов группы эксенит — самарскита на Горном Алтае (Коровихинский массив), Полярном Урале (Лонгот-Юган), в Таджикистане (Кураминский хребет), на Чукотке (в континентальных и прибрежно-морских отложениях) и в других районах СССР («Закономерности...», 1960; Ляхович, 1973 г.).

Интересный пример обогащения древних метаморфизованных базальных гравелитов ильменорутилом и эксенитом за счет размыва некоторых гранитных массивов Урала приводит Н. А. Солодов (1969).

В противоположность минералам группы фергусонит — эксенит — самарскита пироклор ввиду своей неустойчивости при переносе не образует аллювиальных россыпей и обычно не выходит за пределы массивов рассматриваемых формационных типов.

Относительный интерес представляют лишь элювиально-делювиальные россыпи в бассейне р. Каффо (Нигерия), связанные с рибекитовыми гранитами, которые характеризуются наличием мелкой вкрапленности пироклора.

Таким образом, возможности образования россыпей в районах развития редкометалльных гранитов и метасоматитов определяются конкретными геолого-геоморфологическими условиями.

В общих случаях при хорошо развитой гидросети формирование россыпи из локального, даже очень богатого источника сопровождается поступлением в область седиментации большого количества безрудного материала, поскольку эродируемая поверхность всегда на несколько порядков превышает по своей площади выходы рудного тела. В связи с этим в россыпях содержание тантало-ниобатов, как правило, ниже, чем в коренном источнике. Исключением являются случаи совмещения водотока с зоной минерализации, когда формируется «элювиально-аллювиальная» россыпь, минуя стадию склоновых процессов. Обратная картина отмечается при размыве площадных кор выветривания, развитых по минерализованным породам субстрата, даже с далеко не промышленной и весьма неравномерной концентрацией рудных минералов. В этом случае низкое содержание полезных компонентов в исходных породах многократно компенсируется поступлением в процессе перераспределения значительных масс продуктивного материала кор выветривания, а масштабы россыпи будут тем выше, чем больше поверхность эродируемых минерализованных пород (Гурвич, 1966). Вполне понятно, что абсолютно иными, явно неблагоприятными условиями формирования россыпей будут отличаться периоды интенсивной активизации тектонических движений, при которых происходит быстрое накопление слабо дифференцированного обломочного материала. Иными словами, в зависимости от

конкретных условий формирование промышленных россыпей тантало-ниобатов и комплексного состава (с касситеритом) может происходить как за счет концентрированных источников (рудных месторождений), так и путем мобилизации из минерализованных пород с непромышленным содержанием полезных компонентов. При этом возможны различные (по масштабам и содержанию) варианты формирования россыпей: непромышленный источник — промышленная кора — непромышленная россыпь; промышленный источник — промышленная кора — непромышленная россыпь; непромышленный источник — непромышленная кора — промышленная россыпь и др. В связи с этим утверждение некоторых исследователей о том, что россыпи тантало-ниобатов формируются только при наличии богатых коренных источников, не подтверждается фактическим материалом, поскольку возможность образования россыпи определяется не только содержанием полезного компонента в исходном рудном теле. Наиболее убедительным, на наш взгляд, представляется мнение Н. А. Солодова (1969), который, рассматривая условия формирования экзогенных месторождений тантала, указывает: «Поэтому вывод некоторых исследователей (В. В. Бурков, В. И. Пятнов) о том, что танталоносные коры выветривания и переотложенные россыпи тантало-ниобатов могут образоваться только в связи с такими эндогенными рудопроявлениями тантала, которые имеют промышленное или близкое к промышленному содержание его в коренных рудах, нам представляется неверным. Он неоправданно сужает круг охватываемых поисками объектов и сильно занижает перспективы выявления экзогенных месторождений этого металла».

Характерным примером оловянно-редкометалльных россыпей, связанных с современными корами выветривания на площадях рассеянной (непромышленной) минерализации коренных пород (колумбитоносных гранитов), являются уже упоминавшиеся крупнейшие касситерит-колумбитовые россыпи плато Джос в Нигерии (Апельцин, Фельдман, 1958). Такого типа коренной субстрат с неравномерной («пятнистой») минерализацией в наиболее благоприятных условиях обеспечивает высокие концентрации устойчивых минералов в остаточных корах только в пределах отдельных «пятен», повторяющих в плане контуры обогащенных участков коренных пород. Поэтому в Нигерии наиболее продуктивными являются россыпи в пределах логов и депрессий с характерными признаками перемыва продуктов коры выветривания. При аналогичных особенностях коренного субстрата и древнего (мезозойского) корообразования в районах Северного Казахстана возникли касситерит-колумбитовые россыпи остаточных кор выветривания, как правило, являющиеся бедными и невыдержанными. Однако даже в условиях относительно стабильно выровненной поверхности Кокчетавской глыбы в дальнейшем происходило их переотложение с накоплением устойчивых минералов в отложениях определенных фаций (ближнего сноса) и возраста. Такими благоприятными фациями явились суглинки и супеси верхов олигоцена — низов неоге-

на и раннечетвертичного возраста, выполняющие депрессионные формы рельефа соответствующего возраста («Проблемы...», 1970).

Таким образом, россыпи, сопровождающие поля развития редкометальных гранитов и метасоматитов, являются важным промышленным типом тантало-ниобиевых месторождений. Они могут формироваться как в различных фациях континентального ряда, так и в прибрежно-морских отложениях вблизи источников питания. Первоочередного внимания при поисках подобных россыпей, учитывая современную климатическую обстановку территории СССР, заслуживают районы развития продуктов переотложения древних кор химического выветривания в ближайшем обрамлении массивов редкометальных гранитов и метасоматитов.

## 2. Россыпи в полях развития редкометальных пегматитов

Редкометальные гранитные пегматиты и связанные с ними коры выветривания и россыпи являются в мировой практике основным источником получения танталовых концентратов, что отчетливо показано в работах А. И. Гинзбурга, М. В. Кузьменко, Н. А. Солодова и других исследователей.

Как и в других регионах мира, на территории СССР пегматитовые поля нередко располагаются на продолжении друг друга и группируются в крупные пояса, развивающиеся преимущественно в обрамлении древних (архейско-протерозойских) массивов и щитов (Алданский, Анабарский, Украинские щиты, Колымский, Буреинский и другие массивы), а также на площадях ранней консолидации в байкалидах (Северное Прибайкалье, Восточный Саян, Становик), в палеозойских и мезозойских (Забайкалье, Казахстан, Урал, Северо-Восток СССР) складчатых структурах. Повсеместно редкометальные пегматиты ассоциируют с крупными батолитоподобными интрузивами нормальных биотитовых гранитов, поздние фазы которых представлены более кислыми лейкократовыми биотит-мусковитовыми и аляскитовыми разновидностями. Размещение гранитоидов и связанных с ними поясов редкометальных пегматитов контролируется крупными долгоживущими разломами глубокого заложения типа краевых швов и сквозьструктурных разломов. Многие исследователи отмечают также, что количество пегматитов, их дифференцированность и интенсивность редкометальной минерализации закономерно снижаются от более древних эпох к более молодым.

В пределах пегматитовых полей редкометальная минерализация локализуется в наиболее развитых типах пегматитов, где весьма интенсивно проявились процессы альбитизации и грейзенизации. Среди редкометальных пегматитов как россыпеобразующей формации выделяются различные типы.

В собственно сподуменовых пегматитах содержание пятиоксида тантала редко превышает 0,006—0,009%, но они отличаются обычно значительными запасами. На продолжении полей споду-

меновых пегматитов часто располагаются пегматиты нацело альбитизированные и грейзенизированные, в которых содержание пятиокси тантала повышается до 0,015—0,023%, но масштабы их, как правило, резко уменьшаются (Гинзбург, Овчинников, Солодов, 1970). Ведущими минералами среди тантало-ниобатов в этом типе пегматитов являются колумбит-танталит, фергусонит, поликраз-эвксенит, самарскит и др. Кроме того, в них часто содержатся касситерит и вольфрамит, в связи с чем они нередко являются источниками комплексных оловянно-танталовых россыпей. В пределах пегматитовых полей, чаще всего наиболее удаленных от материнских интрузивов, иногда выделяются отдельные тела, в которых интенсивно проявились процессы лепидолитизации. Для них характерны поллуцит, амблигонит, петалит, розовые и полихромные турмалины. Содержание пятиокси тантала в таких пегматитах повышается до 0,03—0,05% при резком преобладании его над ниобием (соотношение от 2:1 до 4:1), но запасы пятиокси тантала, заключенные в этом типе пегматитов, обычно невелики. Они часто отличаются комплексным характером, где наряду с колумбит-танталитом и другими тантало-ниобатами в незначительных концентрациях присутствует касситерит.

Со всеми указанными типами пегматитов известны редкометальные коры химического выветривания и россыпи. Наиболее легко подвергаются выветриванию литиевые пегматиты, так как в экзогенных условиях сподумен легко переходит в различные глинистые минералы. В то же время знаки сподумена в шлиховых ореолах касситерита, тантало-ниобатов, иногда вольфрамита постоянно наблюдаются в ближайшем обрамлении редкометальных пегматитов.

Известные в полях развития пегматитов россыпи танталита обычно связаны с остаточными корами выветривания как современного латеритного типа (Заир и другие провинции Африки, Бразилия, Австралия), так и с хорошо проработанными древними каолиновыми корами (Урал, Казахстан, Бразилия и др.).

Наиболее интересные россыпи танталита и комплексного касситерит-танталитового состава развиты обычно в пределах обширных полей, с большой «насыщенностью» пегматитовыми телами. Такой субстрат при развитии кор химического выветривания является поставщиком больших масс продуктивного материала в процессе формирования склоновых и аллювиальных россыпей. При этом сами пегматитовые тела часто характеризуются весьма низкой, непромышленной концентрацией тантало-ниобатов (0,003—0,006%  $Ta_2O_5$ ). Естественное (в 1,5—2 раза) обогащение в процессе развития коры выветривания (0,005—0,01%  $Ta_2O_5$  250—500 г/м<sup>3</sup> танталита) даже при значительном последующем разубоживании исходного материала за счет размыва вмещающих пород обеспечивает формирование промышленных россыпей (30—100 г/м<sup>3</sup>).

Эта общая схема имеет свое конкретное преломление в зависимости от локальных условий россыпеобразования (густота гидро-

сети, интенсивность развития морфоструктуры, положение пегматитовых тел относительно элементов рельефа, глубина эрозионного среза и др.).

Известны многочисленные примеры формирования россыпей тантало-ниобатов за счет редкометалльных пегматитов в различных климатических зонах. В частности, в одном из восточных районов СССР пегматитовое поле приурочено к осевой части хребта, являющегося водоразделом двух крупных водных артерий, заложенных по тектоническим нарушениям. Такая морфоструктурная позиция района в сочетании с неотектоническим режимом обусловила развитие гидросети сложной конфигурации. Долины имеют асимметричное строение, погребенные врезы, аккумулятивные и цокольные террасы. Распределение танталит-колумбита и сопутствующего касситерита в продуктивных отложениях падей, дренирующих альбитизированные пегматиты, весьма неравномерное.

Наиболее интересные россыпи приурочены к погребенным логам и террасам, причем в отдельных случаях погребенные (древние) пласты залегают гипсометрически выше современных. В частности, такая картина наблюдается по одной из россыпей, в разрезе которой выделяются два пласта. Для пласта, приуроченного к современным отложениям, характерны более низкая концентрация танталит-колумбита и ограниченные масштабы. Древний пласт, заключающий основные запасы россыпи, установлен в погребенном врезе, сохранившемся на аккумулятивной террасе и перекрытом более молодыми аллювиальными и склоновыми отложениями. В пределах этой древней долины наиболее высокие концентрации танталит-колумбита образуют относительно широкую струю, «прижатую» к гребню коренных пород, отделяющему древнее русло от современной поймы.

Занимавшийся детальным изучением этих россыпей В. И. Быков (1954 г.) отмечает, что среди различных фациальных разновидностей комплекса долинных отложений повышенной продуктивностью характеризуются в основном крупно- и среднезернистые пески. Различные по составу глины и суглинки с переменным количеством древесно-щебнистого и гравийно-галечного материала содержат танталит-колумбит и касситерит лишь в знаковых и малых весовых концентрациях.

Аналогичными по источникам формирования, но иными по генезису и морфологическим особенностям являются россыпи одного из районов Казахстана. Здесь выделяются склоновые, склоново-аллювиальные и флювиогляциальные продуктивные отложения. Среди них ведущая роль принадлежит погребенным флювиогляциальным и аллювиальным россыпям, приуроченным к относительно крупной долине сложного развития. В ее пределах В. А. Филиппов (1960 г.) выделяет пойму, надпойменную террасу и погребенную долину древнего русла реки. Надпойменная терраса, постепенно переходящая в увал, скрывает погребенную долину, отделенную от современной поймы продольным гранитным гребнем. В пределах

этой древней долины развиты ледниковые, флювиогляциальные и частично аллювиальные отложения, образованные в процессе более позднего перемыва. В целом для древних отложений характерны почти полное отсутствие слоистости и слабая сортировка материала. Наряду с почти лишенными цемента галечно-валунными отложениями присутствуют прослойки и линзы глин, суглинков и супесей, являющихся нередко заполнителем горизонтов хорошо окатанной гальки, перемежающейся с угловатым щебнем. Лишь в нижней части долины материал более сортирован, иногда с отчетливо проявленной косою или горизонтальной слоистостью. Резкое изменение мощностей, быстрое выклинивание отдельных горизонтов и линзовидный (кустовой) характер распределения различных фациальных разностей как в плане, так и в разрезе древних отложений вызван ледниковыми условиями их формирования. Это подчеркивается также наличием в пределах долины трогов, котловин выпахивания и других характерных форм рельефа. В продольном разрезе только в пределах четырехкилометрового отрезка долины в плотике наблюдаются три ступени высотой более 50 м каждая, что создает в итоге на этом участке значительный уклон с перепадом высот около 200 м. Это дополнительно свидетельствует о многостадийном формировании отложений древней долины. По мнению В. А. Филиппова, было три этапа наступания ледника, соответствующие трем указанным уступам в ложе долины и переглублению ее относительно боковых притоков, что вызвано поднятием региона в ледниковую эпоху. Многократное поднятие горной страны подчеркивают также реликты террас на склонах троговых долин. Каждый этап естественно сопровождался оживлением флювиогляциальной деятельности с перемывом преимущественно верхних горизонтов ледниковых продуктивных образований. Переотложение привело к формированию флювиогляциальных отложений и россыпей, что наиболее отчетливо проявлено в нижней части долины. Дальнейшая послеледниковая деятельность водных потоков привела к формированию небольших аллювиальных россыпей.

Сохраняющийся до настоящего времени процесс эрозии пегматитовых тел протекает менее интенсивно и приводит к формированию незначительных по масштабу делювиальных, ложковых и коллювиальных продуктивных отложений и лишь местами мелких русловых и пойменных россыпей.

Основным полезным компонентом рассматриваемой группы россыпей является танталит, сопутствующим — касситерит. Оба минерала в переменных концентрациях присутствуют практически во всех литологических разностях отложений, но в основном приурочены к песчано-галечным образованиям древних долин.

В поперечном разрезе основной древней россыпи наиболее высокие содержания танталита и касситерита отмечаются в отложениях средней части долины у ее правого борта, тяготея к гранитному гребню, отделяющему погребенный врез от современной поймы. Непосредственно у бортов долины и в современной пойме концентрация рудных минералов значительно снижается, за ис-

ключением отдельных участков коллювиальных отложений у подножья склонов, на которых обнажены пегматитовые тела.

В вертикальном разрезе повышенные содержания танталита и касситерита отмечаются практически от поверхности до плотика, однако в основном они концентрируются в двух пластах, залегающих соответственно на глубинах от 2—3 до 20—25 м и от 25—30 до 40 м. Оба пласта подстилаются, разделены и перекрыты слабо продуктивными отложениями. Такое же трехчленное строение древней россыпи отмечается и по мере перехода ее в более крупную долину. Однако здесь дополнительно появляется линзующийся маломощный современный пласт, формирование которого связано с перемывом подстилающих продуктивных отложений.

Анализируя относительное значение россыпей различных генетических типов в пределах рассматриваемого пегматитового поля, В. А. Филиппов пришел к выводу, что основные концентрации танталита и касситерита сосредоточены в погребенной россыпи, со слабой сортировкой материала в обоих пластах. Меньшая роль принадлежит увальным и террасовым россыпям. Подчиненное значение имеют россыпи современных пойм и коллювиальных образований.

Этот же исследователь пришел к выводу, что россыпи, связанные с ледниковой деятельностью, обеспечивающей дальнюю транспортировку материала, в сочетании с послеледниковыми флювиогляциальными и аллювиальными процессами переотложения, могут быть более удалены от коренных источников, по сравнению с обычными делювиально-аллювиальными россыпями.

В связи с этим в районах развития редкометалльных пегматитов, где современному континентальному литогенезу предшествовала ледниковая деятельность, возможно выявление россыпей в крупных погребенных долинах.

Совершенно иные условия формирования россыпей тантало-ниобатов существовали на Урале, где поля редкометалльных пегматитов приурочены к Восточно-Уральскому поднятию, сложенному сильно метаморфизованными эффузивно-осадочными породами верхнего протерозоя — нижнего палеозоя, отложениями нижнего карбона и интрузивными образованиями верхнего палеозоя. Редкометалльные пегматиты залегают как в гранитах, так и во вмещающих породах, главным образом в амфиболитах. На древней пенепленизированной поверхности Восточно-Уральского поднятия установлены реликты мезозойской коры химического выветривания площадного типа, а в тектонических зонах — линейной. Сохранившаяся мощность коры увеличивается в восточном направлении и достигает 25—35 м в депрессиях и 100—150 м в тектонически ослабленных зонах (Гузовский, 1969 г.). Перекрывающие толщи представлены отложениями меловой, палеогеновой, неогеновой и четвертичной систем (Умова, 1968). Здесь выделяется Зауральский пенеплен и континентально-морская палеоген-неогеновая равнина (Сигов, 1973).

Пенеппен характеризуется относительно хорошей сохранностью древних кор выветривания и континентальных мезозойских отложений, за исключением его восточной части, где он перекрывался эоценовым морем. В пределах равнины при общем наклоне поверхности складчатого основания к востоку отмечается чередование гребней и ложбин меридионального простирания.

В палеогене гидросеть в значительной степени унаследовала эрозионно-структурные депрессии субмеридионального направления, что отчетливо фиксируется по погребенным аллювиальным отложениям. Начиная со среднего миоцена (включая нижний плиоцен), проходила перестройка гидросети восточного склона Урала, вызванная его воздыманием. Главные речные артерии приобрели широтную ориентировку, хотя верховья и многие притоки сохранили направление древних субмеридиональных депрессий. Такая палеогеоморфологическая обстановка в регионе обусловила формирование на площадях развития пегматитов танталоносных кор выветривания и россыпей, являющихся продуктами их переотложения. В частности, в пределах одного крупного протяженного пегматитового поля, по данным Н. Е. Чистякова, известно около 150 жил с весьма низкой концентрацией танталит-колумбита («Рудоносные коры выветривания», 1974). Пегматиты альбит-микродинового типа залегают как в гранитах, так и во вмещающих породах (амфиболитах и гнейсах). Широким развитием пользуется здесь кора выветривания, сохранявшаяся мощность которой колеблется от 2 до 50 м, достигая максимальной глубины по телам неравномернозернистых и зональных пегматитов.

Кора выветривания представлена зоной дезинтеграции и структурных каолиновых глин, в основном нижней ее частью, где сохраняются реликты полевых шпатов. Средний минеральный состав по зонам коры выветривания пегматитов (в %) приведен в табл. 6 по данным Н. Е. Чистякова («Рудоносные коры выветривания», 1974).

Таблица 6

Зона коры выветривания	Кварц	Микро- клин	Альбит	Мусковит	Гидро- слюда	Каолинит	Прочие
Начального гидролиза	34	32	0,1	5,8	5,7	50,9	0,3
Выщелачивания	36	26	13,6	5,4	1,4	17	0,6
Дезинтеграции	23	27	31,0	7,0	—	11	1,0

Основным рудным минералом коры выветривания пегматитов является колумбит-танталит при отношении в нем пятиоксида ниобия к пятиокиси тантала от 1 до 3. Преобладающий размер зерен колеблется от 0,2 до 0,05 мм. Содержание его по зонам коры выветривания относительно равномерное (80,6—86,3 г/т). Такая же

тенденция сохраняется и для концентрации пятиоксида тантала во всех выделенных зонах коры (0,0053—0,0058%).

Совершенно очевидно, что такие концентрации тантало-ниобатов в исходных пегматитах не представляют какого-либо прикладного интереса. Однако они могут являться источниками формиро-

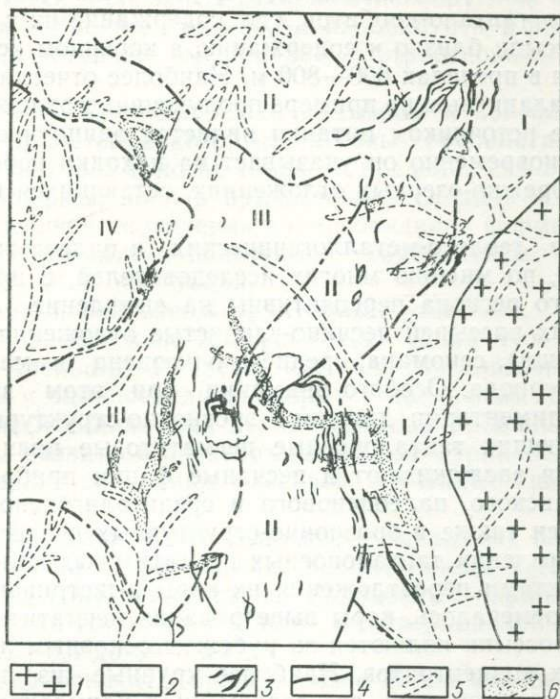


Рис. 42. Схема размещения древних логов на пегматитовом поле (по А. С. Таланцеву).

1 — граниты; 2 — сланцы амфиболовые; 3 — жилы и дайки гранит-аплитов и пегматитов; 4 — границы зон постмагматической минерализации; I — зона безрудных гранит-аплитов, II — зона гранит-аплитов с пегматитовыми обособлениями и прожилками, III — зона пегматитов микроклин-мусковитового и микроклин-альбитового состава, IV — зона кварцевых жил; 5 — третичные логов; 6 — россыпи тантало-ниобатов

вания продуктивных кор выветривания (остаточных россыпей), для которых минимальное промышленное содержание, как известно, в 10—30 раз ниже, чем для коренных руд.

Для другого района Урала характерно развитие россыпей колумбит-танталита, связанных с продуктами перемива кор выветривания редкометалльных пегматитов. Здесь они приурочены к отложениям неогена, выполняющим верховья древних логов, развитых на площади пегматитового поля и в непосредственном его обрамлении (рис. 42). Наиболее обогащенной является узкая при-

тальвеговая часть базального глинисто-песчаного, местами глинисто-галечно-песчаного горизонта логов. В связи с этим максимальные концентрации тантало-ниобатов тяготеют к плотнику россыпей (Таланцев, 1969 г.). Ввиду рассредоточенного характера пегматитовых тел происходит значительное разубоживание продуктов перетолжения за счет вмещающих безрудных пород. Поэтому область концентрации тантало-ниобатов, где содержание их в продуктивном слое россыпи близко к содержанию в коренном источнике, ограничивается в пределах 600—800 м. Наиболее отчетливо это показано А. С. Таланцевым на примере продуктивных отложений одного из логов, где источником питания является одиночное пегматитовое тело. Одновременно он указывает на находки небольших россыпей в прибрежно-озерных отложениях, остающихся пока не изученными.

Исходя из геолого-металлогенических и палеогеографических особенностей, по мнению многих исследователей, в пределах рассматриваемого региона перспективны на выявление ложковых и аллювиальных россыпей песчано-глинистые отложения апта (алапаевская толща), сеномана, среднего олигоцена и местами четвертичного периода. Особого внимания при этом заслуживают продукты седиментации древних эрозионно-структурных депрессий, дренирующих танталоносные пегматитовые поля. Специального изучения заслуживают и песчаные фации прибрежных зон сантон-кампанского, палеоценового и среднеолигоценового морей, сохранившиеся также в эрозионно-структурных депрессиях в ближайшем обрамлении танталоносных пегматитовых полей и являющиеся продуктами перетолжения их коры выветривания.

Как уже отмечалось, коры выветривания пегматитов и связанные с ними россыпи являются за рубежом основным поставщиком танталитовых концентратов. Наиболее крупные из них развиты в субэкваториальной зоне, где современная климатическая обстановка способствует формированию кор химического выветривания и соответственно дезинтеграции рудных компонентов из минерализованных пород субстрата.

На большей части территории СССР современный континентальный литогенез протекает в криогенных условиях. В связи с этим основное внимание должно быть обращено на районы развития крупных пегматитовых полей, где сохранились реликты разновозрастных кор химического выветривания и продукты их перетолжения.

### **3. Россыпи комплексов ультраосновных — щелочных пород и карбонатитов**

В различных районах мира известны карбонатитовые массивы с пироксеном, кора выветривания которых явилась источником формирования крупных по масштабам и содержанию россыпей.

Комплексы ультраосновных — щелочных пород и карбонатитов развиты в зонах активизированных складчатых областей в связи

с глубинными разломами. По структурному положению выделяется четыре типа провинций развития этих комплексов (Шейнман, 1955 г.; Гинзбург, Эпштейн, 1968 г.).

1. Провинции краевых частей платформ, в которых массивы приурочены к разломам, ограничивающим платформу (краевым швам) в участках их сопряжения с поперечными или диагональными разломами. Массивы имеют обычно округлую форму и концентрическое строение. Рудоносные карбонатиты в них по масштабам развития уступают вмещающим ультраосновным — щелочным породам.

2. Провинции зон сочленения платформ и консолидированных складчатых областей, в которых массивы располагаются параллельно краевым швам, но не только в пределах самой активизированной платформы, но и в прилегающих складчатых структурах. Для этих массивов характерна эллипсоидная форма тел, в которых широким развитием пользуются карбонатиты, занимающие иногда до 50—80% их объема.

3. Провинции зон сквозьструктурных разломов, пересекающих платформы и их консолидированное складчатое обрамление (Шейнман, Апельцин, Нечаева, 1961 г.). Массивы имеют как округлую, так и эллипсоидную форму с различным соотношением карбонатитов и силикатных пород. Массивы провинций подобного типа широко развиты в пределах известных африканских грабенов.

4. Провинции срединных массивов, изученные еще сравнительно слабо.

В целом массивы ультраосновных — щелочных пород отличаются значительными размерами, исчисляемыми несколькими десятками квадратных километров. Рудоносные карбонатиты в них залегают в виде жильных тел или штокверкоподобных зон площадью от 0,2—0,3 до 5—8 км<sup>2</sup>.

Так как карбонатиты представляют собой многостадийные эндогенные образования, они отличаются значительным разнообразием состава как породообразующих (ведущие — кальцит, доломит, анкерит; подчиненные — апатит, магнетит, пироксен, флогопит, флюорит и др.), так и аксессуарных (обычно редкометалльных) минералов (пирохлор, гатчеттолит, колумбит, бадделейт, дизаналит, кальцертит, паризит, бастнезит и др.). В связи с этим в пределах комплексных массивов ультраосновных — щелочных пород и карбонатитов могут возникать три главных типа редкометалльных образований, отличных друг от друга: кальцитовые, форстерит-apatит-магнетитовые и связанные с альбитизированными сиенитами и фенитами (Гинзбург, Овчинников, Солодов, 1970).

Поскольку рассматриваемые массивы приурочены к долгоживущим крупным тектоническим системам, в их пределах развиты зоны интенсивного расланцевания 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 химического выветривания по рудоносным карбонатитам, за-

нимающим значительные площади, даже при низкой концентрации в них тех или иных редкометалльных минералов, создает благоприятные условия для формирования россыпей (Гурвич, 1966; Зверева, Писемский, 1969).

Мономинеральные карбонатиты, особенно кальцитовые и доломитовые, относительно устойчивы как к процессам корообразования, так и к механической денудации. Но степень выветривания резко возрастает при наличии других породообразующих минералов, в частности анкерита; существенное влияние оказывает присутствие сульфидов.

Характерным примером может служить один из массивов щелочно-ультраосновных пород и карбонатитов, прорывающий осадочно-метаморфические породы протерозоя. Развитая по нему кора выветривания в пределах тектонических зон достигает мощности 80—100 м с четко выраженным профилем. В разрезе, снизу вверх наблюдается постепенная смена зон выветривания от слабо дезинтегрированных пород до интенсивно выветрелых разностей (структурные и бесструктурные охры). Е. А. Зверева и В. Ф. Гуреев («Кора выветривания...», 1963) отмечают, что для силикатных пород, развитых как по периферии массива, так и в виде останцов среди карбонатитов (рис 43), характерна меньшая обохренность и незначительная доля гидрослюдисто-глинистых продуктов. В тальвеге долины, наследующей тектонические нарушения, развиты карстовые полости, выполненные продуктивными отложениями. Глубина распространения карстов достигает 60—70 м с преобладающим развитием на площадях, сложенных анкеритовыми карбонатитами.

Продуктивные «отложения карстов» образуют с корами выветривания единый контур россыпи элювиального (остаточного) типа. Но если подходить со строго генетических позиций, то эта россыпь является элювиально-аллювиальной, поскольку карстовые полости аккумулируют в значительных объемах аллювиальный материал. При этом галечно-гравийные отложения карстов по своему составу близки продуктам перемыва коры химического выветривания и нередко содержат материал силикатных пород, вмещающих карбонатиты. Продукты непосредственного переотложения кор химического выветривания представлены сильно обохренным валуно-галечно-гравийным материалом с переменным количеством песчано-глинистого заполнителя. В свою очередь, они перекрываются гравийно-галечными аллювиальными отложениями, местами также содержащими обохренный щебнистый материал.

Современные аллювиальные отложения менее обогащены тантало-ниобатами, концентрация которых постепенно убывает по мере выхода водотоков за пределы массива.

На основании анализа строения и состава кор химического выветривания и перекрывающих их отложений Е. А. Зверева и Г. В. Писемский (1969) приводят типовой разрез рыхлой толщи на площадях развития разных пород карбонатитового массива (табл. 7). Они отмечают, что в корах химического выветривания

Горизонты рыхлой толщи		Карбонатиты (в целом)	Силикатные породы	Анкеритовые и кальцитовые анкеритизированные карбонатиты	Кальцитовые карбонатиты
Отложения речной долины и склонов	Делювий	Мало характерен, развит лишь в прибортовых частях долины. Мощность 4 м			
	Аллювий	Развит повсеместно, сравнительно равномерные мощности. Мощность 6,5 м			
	Перекрытая кора выветривания и отложения карстов	Мощность 3,5 м	Отсутствуют	Широкое развитие карстов. Мощность 5 м	Карсты развиты слабо. Мощность 3 м
Кора выветривания	Охристые продукты выветривания	Мощность 1 м	Гидрослюдисто-глинистые продукты выветривания. Мощность 10 м	Мощность 22,5 м	Мощность 17 м
	Обохренные продукты дезинтеграции	Мощность 7,5 м	Нехарактерны; лишь на карбонатизированных разностях. Мощность 10 м	Мощность 6 м	Мало характерны. Мощность 8 м.
	Необохренные продукты дезинтеграции	Мощность 7,5 м	Наиболее характерны. Мощность 10—12 м	Нехарактерны. Мощность 2 м	Мощность 9 м
Невыветрелые породы		—	—	—	—

по ультраосновным — щелочным породам ведущими процессами являются гидролиз и выщелачивание; при выветривании карбонатитов — растворение и окисление.

Распределение редкометалльных минералов в различных рыхлых образованиях весьма неравномерное. Наиболее высокое обо-

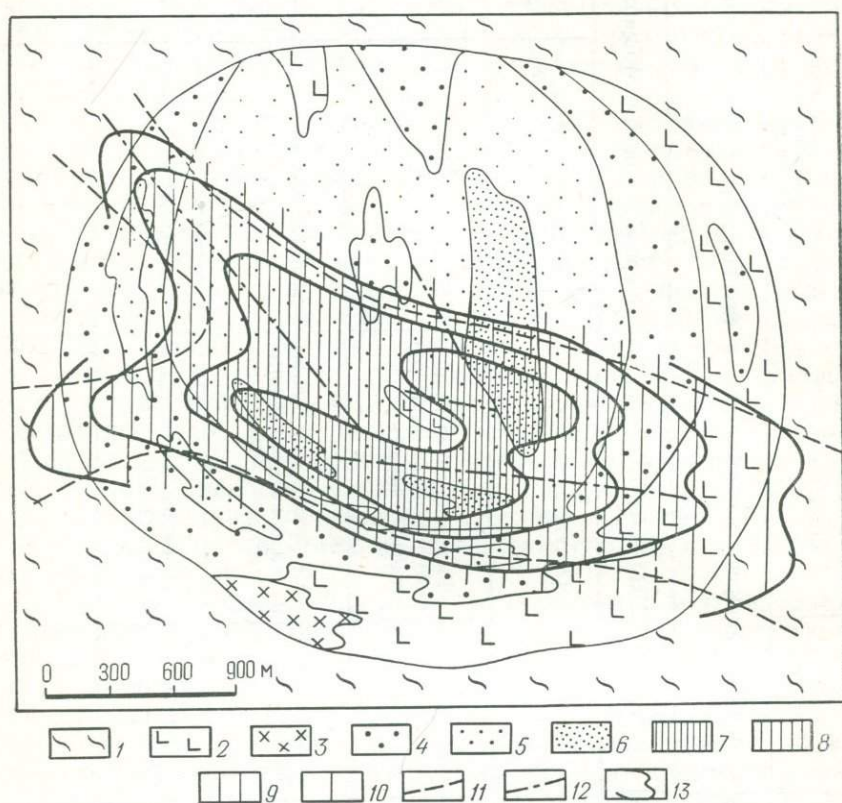


Рис. 43. Схематическая геологическая карта карбонатитового массива (по Е. А. Зверевой и В. Ф. Гуреву, 1963).

1 — осадочно-метаморфические породы протерозоя; 2 — ийолит-мельтейгиты; 3 — нефелиновые сyenиты; 4 — крупнозернистые карбонатиты; 5 — мелкозернистые кальцитовые карбонатиты; 6 — анкеритовые карбонатиты; мощности коры выветривания: 7 — более 50 м, 8 — от 50 до 30 м, 9 — от 30 до 10 м, 10 — менее 10 м; 11 — контур современной речной долины; 12 — тектонические нарушения; 13 — контуры коры выветривания различной мощности

гащение свойственно зонам охристых продуктов и отложений перемытой коры выветривания, в которых концентрация полезных компонентов значительно превышает их содержание в неизмененных карбонатитах.

Однако в зависимости от локальных условий выветривания и особенностей эндогенной минерализации субстрата соотношения основных редкометалльных минералов в корах выветривания различных карбонатитовых массивов довольно изменчиво.

В отличие от других типов экзогенных месторождений редких металлов коры выветривания, развитые по карбонатитам, и продукты их переотложения отличаются весьма сложным вещественным составом.

Известны в мировой практике примеры, когда при сравнительно больших запасах и высоких содержаниях редких элементов коры выветривания не имеют практического значения, поскольку основные компоненты не могут быть рентабельно извлечены, так как находятся в рассеянном состоянии. Имеют место и обратные случаи — при сравнительно невысоких содержаниях редких элементов руды коры выветривания представляют прикладной интерес в связи с тем, что полезные компоненты находятся в них в форме легко извлекаемых минералов.

Детальное изучение этих вопросов, проведенное рядом исследователей (В. Ф. Гуреев, И. И. Егоров, Е. А. Зверева, Л. Б. Зубков, Ю. Л. Капустин, Г. В. Писемский, Е. И. Семенов, Л. Б. Чистов, Е. М. Эпштейн и др.), показало, что основные порообразующие минералы — кальцит и анкерит — в зоне гипергенеза почти полностью растворяются и выносятся, одновременно вызывая значительное сокращение объема породы. Реликтовые зерна карбонатов образуют мелкозернистую сыпучку, состоящую из тонких частиц, по которым развиваются охры гидроокислов железа и марганца. Сидерит почти целиком замещается гидроокислами железа, давая каркасные бурые железняки или плотные сливные лимониты.

Другие минералы карбонатитов — полевые шпаты, темноцветные силикаты, сульфиды и др., иногда встречающиеся в значительных количествах, также претерпевают значительные изменения.

Ортоклаз, подвергающийся на ранних стадиях выветривания пелитизации, превращается в глину гидрослюдистого состава на промежуточных стадиях выветривания и переходит в монтмориллонит, реже каолинит и галлуазит на конечных стадиях. Плагноклазы превращаются в глинистые минералы в основном монтмориллонитового состава. Альбит сравнительно устойчив к выветриванию, иногда сохраняется и в зонах наиболее интенсивных гипергенных изменений пород. Нефелин быстро переходит в гидрослюда, а на конечных стадиях — в монтмориллонит. Темноцветные минералы (щелочные пироксены, амфиболы, биотит, флогопит) более устойчивы и лишь на конечных стадиях выветривания наблюдается образование бейделлита и монтмориллонита по пироксенам и амфиболам, гидрослюды по биотиту и флогопиту. Апатит частично переходит в штаффелит. Сульфиды железа, представленные в основном пиритом и пирротинном, при выветривании замещаются гидроокислами железа. Для магнетита характерна мартитизация, для ильменита — лейкоксенизация. Важно подчеркнуть различную сохранность в коре выветривания основных редкометалльных минералов.

Гипергенные изменения пирохлора, подобно гатчеттолиту, выражаются в его гидратации, приводящей к повышенной хрупкости. Этому изменению подвергаются в первую очередь разновидности пирохлора со структурой, нарушенной метамиктным распадом (ториевый пирохлор и др.), с превращением его зерен (иногда в значительном количестве) в тонкодисперсный продукт. Колумбит в отличие от пирохлора является минералом более устойчивым в коре выветривания. При замещении пирохлора колумбитом развивающиеся псевдоморфозы на поверхности кристаллов пирохлора предохраняют его от разрушения. Наиболее устойчивы к процессам выветривания полные псевдоморфозы колумбита по пирохлору.

Карбонаты редких земель (минералы группы бастнезита-синхизита, паризит и др.) обычно мало устойчивы в условиях интенсивной циркуляции подземных вод и частично переходят в раствор, образуя в дальнейшем менее растворимые соединения вторичных карбонатов и фосфатов (бастнезита, рабдофанита, черчита и др.).

Фосфаты редких земель (монацит, ксенотим и др.) являются минералами достаточно устойчивыми в зоне гипергенеза. Практически они не подвергаются заметным изменениям и сохраняют в коре выветривания свои обычные физические свойства и состав. Однако в некоторых специфических условиях повышенной кислотности среды в коре выветривания карбонатитов отмечаются продукты изменения ксенотима в виде водного фосфата иттрия — черчита. По данным Е. И. Семенова (1967) и др., вынос иттрия и образование черчита происходят при выветривании паризита и бастнезита; церий накапливается в труднорастворимом церианите, а другие легко мигрируемые лантаноиды переходят в гидроксиды железа, марганца и глинистые минералы. При этом, как отмечают В. В. Бурков и Е. К. Подпорина («Рудоносные коры выветривания», 1974), глинистыми минералами лучше сорбируются легкие лантаноиды, чем тяжелые.

Минералы циркония — циркон и бадделит, довольно широко распространенные в некоторых карбонатитовых массивах, являются в условиях выветривания наиболее устойчивыми. Но в некоторых типах кор выветривания установлен коллоидный аналог циркона — гельциркон глинистого облика.

В целом характерно относительно более высокое выветривание породообразующих минералов карбонатитов по сравнению с рудными, в том числе редкометалльными. В соответствии с этим происходит миграция и интенсивный вынос преимущественно литофильных элементов при одновременном обогащении коры выветривания карбонатитов редкометалльными минералами. Многие исследователи отмечают, в частности, что содержание в корях выветривания тантала и ниобия повышается в 2,5—3 раза по сравнению с коренными рудами, а редких земель — в 3,5—4, в отдельных случаях — более чем в 10 раз. Но главное при этом то, что наряду с количественным повышением содержания редких элементов

происходит новообразование редкометалльных минералов-концентраторов за счет изоморфных примесей в породообразующих минералах. Характерным примером являются неизменные кальцитовые карбонаты, в которых редкие земли находятся в основном (до 90%) в кальците в виде изоморфной примеси. Однако в зоне гипергенеза происходит почти полное разложение кальцита и частично апатита, благодаря чему образуется гипергенный фосфат — рабдофанит, содержащий до 60% суммы окислов редких земель. На примере карбонатитов кальцит-анкеритового состава Е. А. Зве-

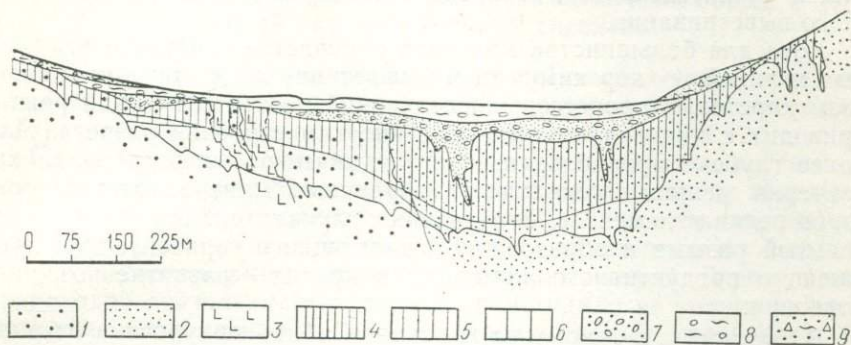


Рис. 44. Геологический разрез коры выветривания (по Е. А. Зверевой и В. Ф. Гурееву, 1963).

1 — кальцитовые карбонаты; 2 — анкеритовые карбонаты; 3 — породы ряда ийолит-мельтейгит; 4 — охры и гидрослюдисто-глинистые образования; 5 — обохренные продукты дезинтеграции; 6 — необохренные продукты дезинтеграции; 7 — отложения перемытой коры выветривания и карстов; 8 — аллювиальные отложения; 9 — делювиальные отложения

рева и В. Ф. Гуреев («Кора выветривания...», 1963) показали, что в процессе выветривания выносится около 75% кальция, более 80% магния и до 90% углекислоты с одновременным, почти двукратным уменьшением объема породы. Одновременно они отмечают, что для кор выветривания, развитых по карбонатитам этого массива, характерно значительное повышение концентрации полезных компонентов в «зоне охр» (рис. 44).

Естественно, что количественные соотношения минералов (устойчивых, реликтовых, новообразованных) могут быть самыми различными и зависят не только от типа карбонатитов, но и от стадии их выветривания.

На основании обобщения материалов по зональности и минеральному составу кор выветривания, развитых по карбонатитам в ряде регионов СССР, Ю. Л. Капустин («Рудоносные коры выветривания», 1974) пришел к выводу о различном характере накопления и выноса основных компонентов при выветривании ранних и поздних карбонатитов. При этом, по его мнению, поздние карбонатиты выветриваются обычно интенсивнее ранних.

Необходимо отметить также крайнее непостоянство гранулометрического состава кор выветривания карбонатитов и степени

высвобождения редкометалльных минералов. Как правило, классы +10 мм являются наиболее бедными, крупнозернистая часть (—10+1,0 мм) чаще отвечает средним содержаниям, а в мелких классах концентрация редких элементов обычно является максимальной, в частности тантала за счет разрушения гатчеттолита. Такое распределение полезных компонентов по классам крупности характерно не только для элювиальных россыпей, но и продуктов их ближайшего переотложения. В значительной мере это определяется степенью дезинтеграции редкометалльных минералов, зависящей от интенсивности и продолжительности процессов химического выветривания.

Хотя для большинства массивов отмечается сочетание площадных и линейных кор химического выветривания с широким развитием карстовых процессов, последующий неотектонический режим приводит к индивидуальным особенностям строения разреза. Для более глубоко проработанных кор химического выветривания характерна меньшая сохранность первичных минералов-концентраторов редких элементов. В отдельных случаях наблюдается значительный размыв и образование маломощного горизонта перекрывающего продуктивного аллювия, в других — развитие озерных котловин.

В частности, к одному из массивов Сибири приурочена озерная котловина, выполненная толщей рыхлых отложений различного фациального состава, в которых установлена россыпь редкометалльных фосфатов и тантало-ниобатов.

Характерными зарубежными примерами являются крупнейшие элювиально-делювиальные россыпи колумбитизированного пироксена, циркона и апатита, окаймляющие карбонатитовый массив Сукула (Уганда) на протяжении 16 км, а также уникальные остаточные россыпи массивов Араша (Бразилия), Луэшь, Мрима, Нкумба и др. (Африка).

Таким образом, редкометалльные россыпи, пространственно тяготеющие к массивам щелочно-ультраосновных пород и карбонатитов, отличаются своеобразными чертами строения и состава. Содержание и распределение тантало-ниобатов в карбонатитах обычно весьма неравномерное. Преобладающими среди них являются пироксен, колумбитизированный пироксен и колумбит, гатчеттолит, иногда дизаналит.

Коры химического выветривания формируются по карбонатитам в условиях свободной инфильтрации поверхностных вод и активного окисления карбонатов и железистых силикатов, что способствует остаточному накоплению более устойчивых тантало-ниобатов (колумбитизированного пироксена и колумбита), разложению и выносу минералов вмещающих их пород. Вместе с апатитом, фосфатами и фтор-карбонатами редких земель тантало-ниобаты нередко образуют россыпи остаточного типа, хотя специфика развития отдельных площадей способствует также формированию россыпей ближнего сноса («Проблемы...», 1970).

Важнейшими поисковыми критериями массивов щелочно-ультраосновных пород и карбонатитов являются их морфология и структурное положение, которые довольно отчетливо фиксируются на аэрофотоснимках. Повышенная гамма-активность массивов позволяет успешно применять радиометрические (аэро- и наземные) методы поисков. Дополнительным критерием являются гипергенные ореолы ниобия, редких земель, стронция и бария, развивающиеся в ближайшем обрамлении массивов.

#### 4. Россыпи центральных массивов щелочных пород семейства нефелиновых сиенитов

Россыпи лопарита разнообразных генетических типов известны в межледниковых отложениях по обрамлению одного из массивов аптаитовых нефелиновых сиенитов Русской платформы.

Следует заметить, что перспективы выявления россыпей в этом районе долгое время расценивались отрицательно, ввиду широкого развития ледниковых отложений и преобладания в антропогене процессов физического выветривания, с ограниченной возможностью высвобождения лопарита из коренных пород. В результате ледниковой деятельности при этом происходило не только разубоживание поступившего из массива продуктивного материала, но и частичное выпахивание ранее сформированных россыпей.

Однако ряд исследователей (И. В. Иванов, В. Н. Басманов, А. С. Лихачев, В. Я. Прозоров), проводивших детальное изучение района, пришли к выводу о возможности образования и сохранения россыпей. Наряду с учетом особенностей палеорельефа и ограниченной роли ледниковой экзарации основой для такого заключения явились находки доледниковых кор химического выветривания (Сидоренко, 1956 г., 1958). И действительно, целенаправленные поисковые работы привели к открытию россыпей и обогащенных участков в различных фациях континентальных и прибрежно-морских отложений.

В структурном отношении щелочной массив среднепалеозойского возраста располагается в осевой части сложного антиклинория. Вмещающими породами являются гнейсы и гнейсо-граниты архея. Немногочисленные останцы кровли, представленные эффузивно-осадочными образованиями девона, фиксируются только в северной и северо-восточной части массива.

Плутон представляет собой крупную интрузию, образованную в четыре фазы.

I. Комплекс пойкилитовых и порфиroidных нефелиновых сиенитов и тавитов. Породы этого комплекса сохранились в виде крупных ксенолитов в породах более поздних фаз.

II. Лопаритоносный комплекс, представляющий собой идеально стратифицированную пластовую залежь, мощность которой превышает 1,5 км. Состоит из чередования трехчленных пачек уртит-луаврит-фойяитового состава в верхней части разреза и двухчленных пачек уртит-фойяитового — в нижней. Наиболее обогащены ло-

паритом отдельные слои луавритов и уртитов. Породы комплекса развиты в пределах всего массива, обнажаясь по его периферии и в центральной озерной котловине.

III. Комплекс эвдиалитовых луавритов, слагающих верхние части плато, стратифицирован менее отчетливо и представлен перемежающимися слоями эвдиалитовых луавритов, реже фойяитов.

IV. Комплекс порфировидных луавритов, образующих пласто- и линзообразные лопаритоносные тела, внедрившиеся в зоне контакта пород II и III интрузивных фаз.

Специфика продуктивных образований обусловлена положением региона в субполярной области, где существенную роль играло покровное и горное оледенение.

Пока известны образования двух покровных оледенений — Московского и Валдайского, последнее делится на две стадии (Арманд, Граве, Кудлаева, 1969). Стратиграфия плейстоцена и низов голоцена осложняется наличием морены двух стадий горного оледенения и соответствующих им водно-ледниковых образований. Лопаритоносными явились различные типы континентальных отложений, включая озерные фации, морены обеих стадий покровного оледенения и межстадиальные флювиогляциальные образования.

Россыпи локализируются, главным образом, по обрамлению массива щелочных пород, четко выделяющегося в рельефе в виде резко расчлененного плато над окружающей ледниково-аккумулятивной холмистой равниной. В результате глубокой эрозии и ледниковой экзарации массив значительно отпрепарирован; продуктивный материал снесен в обрамляющую низменность.

Как отмечают А. Д. Арманд, М. К. Граве, В. Я. Евзеров («Геология россыпей», 1965), отличительной особенностью рельефа региона является сочетание горных возвышенностей и тектонических депрессий, служивших на протяжении длительного времени областями аккумуляции терригенного, в том числе продуктивного материала. Значительная роль при этом принадлежит талым водам ледника, создавшим крупные приледниковые бассейны, в которых прибрежные процессы приводили к формированию озерных россыпей.

Указанные исследователи пришли к выводу, что основной снос терригенного материала с горных массивов происходил в трех направлениях — северном, южном и восточном (рис. 45). Перенос и сортировка рудных минералов в морене и флювиогляциальных отложениях приводили к формированию на локальных площадях редкометальных россыпей (Арманд, Граве, Евзеров, 1965; Гинзбург, Овчинников, Солодов, 1970; Гурвич, 1966; Сидоренко, 1958, 1959 и др.).

Одна из россыпей занимает площадь межозерной перемычки, прослеживается в полосе пляжа и переходит в предгорную равнину. Продуктивным является весь комплекс пород, начиная от верхней пачки межледниковых (Московско-Валдайское межледниковье) образований, включая морены обеих стадий покровного оледенения и заключенные между ними межстадиальные осадки

водно-ледникового генезиса, а также поздне- и послеледниковые озерные отложения. Повышенные концентрации лопарита тяготеют к горизонту озерных песков. Гранулометрический состав продуктивных отложений соответственно меняется от мелко- и среднезернистых песков до несортированного супесчано-гравийного и галечно-валунного материала.

Другая россыпь приурочена к предгорной части массива, к его экзоконтактной зоне. Продуктивными являются флювиогляциальные отложения II стадии валдайского и более древнего горного оледенений, иногда горная морена. В целом флювиогляциальные отложения горного оледенения образуют более обширные продуктивные площади, чем флювиогляциальные образования покровного оледенения.

Одна из россыпей, также прослеживаемая вдоль контактной зоны массива, приурочена к горизонту переслаивания флювиогляциальных отложений и морены местного горного ледника. Продуктивные отложения, в различной степени перемытые талыми водами ледника, представлены обломочно-дресвяным и валунно-галечным материалом с переменным количеством песчано-го заполнителя (рис. 46).

Наряду с лопаритом в россыпях в переменных количествах присутствуют циркон, ильменит, магнетит, рутил, металопарит, рамзаит, сфен, пироксид и др. Для лопарита характерна изменчивость форм и размерности зерен в соответствии с генетическим типом продуктивных отложений: в элювии преобладают кристаллы и их сростки размером 1—0,25 мм; в делювиальных отложениях и морене наряду с хорошо ограниченными кристаллами значительную долю составляют их обломки. В аллювиальных и озерных отложениях преобладает класс лопарита —0,25 мм преимущественно в виде округлых зерен различной степени обработки.

Плотиком россыпей служат гнейсы или щелочные породы массива. Наиболее обогащенные лопаритом являются те участки плотика, на которых сохранилась кора химического выветривания, развитая по щелочным породам массива. Характерно, что совре-

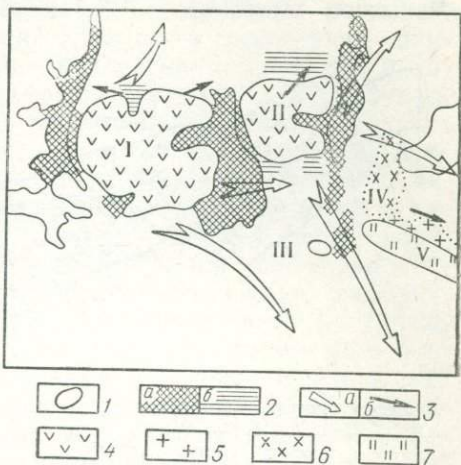


Рис. 45. Области сноса и аккумуляции россыпных минералов (по А. Д. Арманду, М. К. Граве и В. Я. Евзерову, 1965). I — Хибинские тундры; II — Ловозерские тундры; III — Федоровы тундры; IV — Цагинский массив; V — Панские высоты. 1 — районы энергичного сноса (горы и возвышенности); 2 — участки аккумуляции установленные (а) и предполагаемые (б); 3 — направления разноса обломочного материала под действием льдов покровного оледенения (а) и потоков ледниковых вод (б); основные типы коренных пород, составляющих россыпные минералы: 4 — нефелиновые сиениты, 5 — щелочные граниты, 6 — габбро-лабрадориты, 7 — габбро-нориты

менные склоновые отложения, формирующиеся в условиях энергичного физического выветривания, отличаются слабой дифференциацией материала и весьма низкой концентрацией лопарита, значительная часть которого сохраняется в обломках вмещающих пород. Материал, образовавшийся в результате физического выветривания щелочных пород, под воздействием гравитации, плоскостного смыва и солифлюкции перемещался на незначительные расстояния и слабо дифференцировался по крупности.

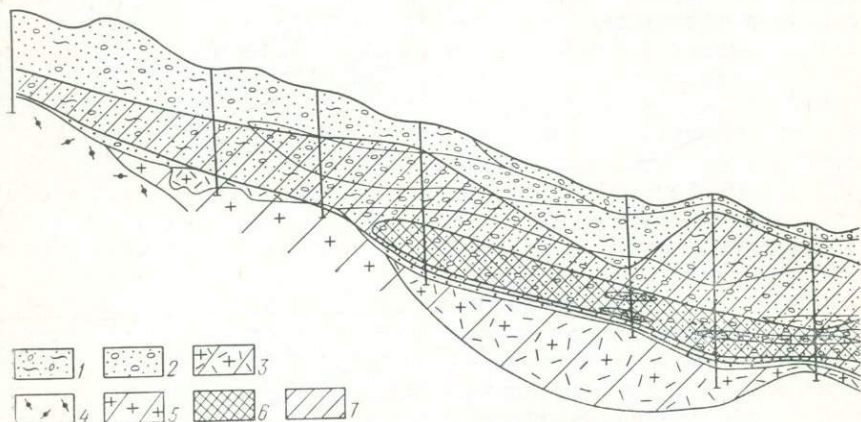


Рис. 46. Разрез продуктивных моренных и флювиогляциальных отложений (по А. С. Лихачеву).

1 — морена покровного оледенения — супесь с гравием, галькой и валунами кислых пород; 2 — флювиогляциальные отложения — галечник с грубозернистым песком, гравием и валунами щелочных пород; 3 — кора выветривания; 4 — нефелиновые сиениты; 5 — гранито-гнейсы; 6 — обогащенная часть пласта; 7 — продуктивный пласт

Содержания лопарита в склоновых отложениях обычно ниже, чем в исходных породах массива. Более полно обломочный материал дифференцировался в потоке талых ледниковых вод, реках и на отмелях берегах. При этом супеси и тонкозернистые пески обеднены, а средне- и крупнозернистые — обогащены лопаритом по сравнению с исходной мореной. Установлено также, что с увеличением размера зерен песчаных пород в них возрастает содержание лопарита. Оно еще более увеличивается в песчано-галечных отложениях.

В. Я. Евзеров (1969 г.) отмечает, что покровные ледники, оставляя мощный плащ морены, прерывают процесс образования россыпей и частично выпаживают более древние продуктивные отложения. Кроме того, они разубоживают продукты разрушения лопаритсодержащих пород инородным материалом. Горные ледники в противоположность покровным способствуют возникновению повышенных концентраций лопарита, так как в теле и на поверхности ледников интенсивно разрушались обломки нефелиновых

сиенитов, т. е. происходило высвобождение лопарита. На основании анализа континентального литогенеза В. Я. Евзеров выделяет четыре этапа россыпеобразования — межледниковый, межстадиальный, позднеледниковый и послеледниковый, т. е. те периоды, когда существовали благоприятные условия для концентрации лопарита в прибрежных зонах озерных водоемов и потоках талых вод.

Таким образом, даже при отрицательной роли оледенения доледниковое развитие кор химического выветривания явилось благоприятной предпосылкой формирования лопаритовых россыпей. Находки повышенных концентраций лопарита в отложениях пляжа и морских террас на значительном удалении от областей питания свидетельствуют о том, что укоренившееся понятие о «хрупкости» лопарита справедливо лишь по отношению к его крупным индивидам (+0,25 мм). Дальность переноса лопарита определяется прежде всего условиями транспортировки и седиментации. В частности, в глинистой среде, создаваемой продуктами кор химического выветривания, минеральные зерна, особенно мелких классов, в значительно меньшей степени подвергаются дроблению и истиранию, чем при миграции в среде гравийно-галечного аллювия.

Учитывая, что в рассматриваемом регионе развиты не только редкометалльные щелочные породы, но и многочисленные поля гранитных пегматитов с тантало-ниобатами, массивы карбонатитов с пироксеном, бадделитом и другими редкометалльными минералами, формирование доледниковых кор химического выветривания следует рассматривать как несомненно перспективный критерий на выявление древних россыпей тантало-ниобатов различных генетических типов.

## ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

# ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ, ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ И ОЛОВОНОСНЫХ РОССЫПЕЙ

---

Наиболее крупные современные россыпи развиты в субэкваториальной зоне, где климатическая обстановка способствует мобилизации полезных компонентов из продуктов кор химического выветривания.

На территории нашей страны многие рудные провинции с отчетливо проявленной оловоносной и редкометальной специализацией развиты в областях многолетней мерзлоты, где эволюция континентального криолитогенеза и, соответственно, россыпеобразования отличается своими индивидуальными чертами, на что неоднократно указывал Н. А. Шило. Для этих же регионов характерно развитие кор химического выветривания в предшествующие (докриогенные) геологические эпохи, что создавало дополнительные предпосылки формирования не только современных, но и древних россыпей различных минеральных видов. Так как возможность их образования во многом зависит от физических свойств полезных компонентов, устойчивости их к процессам выветривания и многократного переотложения, для различных редкометальных минералов и касситерита характерны определенные (ведущие) генетические группы продуктивных отложений: региональные (аллохтонные) или локальные (автохтонные, ближнего сноса). В частности, в делювиально-аллювиальной, пролювиальной и аллювиальных фациях (локальные россыпи) хорошо сохраняются касситерит, многие виды тантало-ниобатов и др. При непосредственном размыве источников питания и незначительном перемещении указанные минералы концентрируются также в фациях прибрежно-морских и озерных отложений. Лишь наиболее устойчивые при выветривании и транспортировке редкометальные и титановые минералы образуют комплексные региональные россыпи, удаленные на десятки, нередко сотни километров от коренных источников. В связи с этим для россыпей указанных двух групп намечаются специфические условия формирования и размещения.

### Глава V

#### РОССЫПИ ЦИРКОНА, РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ И ТИТАНОВЫХ МИНЕРАЛОВ

В работах многих исследователей показано, что ведущим типом месторождений этих минералов на территории СССР являются древние прибрежно-морские и озерные россыпи.

Изложенные выше материалы по геологическому строению россыпей рассматриваемой группы позволяют подчеркнуть характерные особенности их формирования и размещения. Поскольку в общем случае эти россыпи по сравнению с локальными более удалены от коренных источников, формирование их происходит лишь при условии перемыва и переотложения значительных объемов исходных пород, содержащих полезные минералы даже в незначительных концентрациях. Неизбежное рассеяние полезных минералов при длительной их транспортировке от коренного источника и многократное переотложение компенсируются поступлением больших масс первоначально обогащенного материала. Вследствие этого в россыпях крупных водоемов концентрируются лишь минералы, весьма устойчивые к процессам выветривания и механического воздействия.

Основные полезные компоненты россыпей рассматриваемой группы представлены минералами, широко распространенными во многих изверженных и метаморфических породах в виде аксессуаров, — цирконом, ильменитом, рутилом и редкоземельными фосфатами — монацитом и ксенотимом. В связи с этим вопрос о коренных источниках не имеет принципиального значения, так как такие россыпи могут возникать практически за счет любых магматических и метаморфических пород, развитых на огромных площадях и всегда содержащих эти минералы в различных концентрациях, а также осадочных образований, которые нередко служат промежуточными коллекторами.

Редкометалльно-титановые россыпи чаще формируются в отложениях платформенных чехлов на расстоянии многих сотен километров от коренных источников. В этих случаях гранулометрический и минеральный состав продуктивных отложений значительно изменяется в зависимости от времени и пути перемещения обломочного материала, который подвергается неоднократному переотложению и классификации. Изменение тектонического режима и в связи с этим смещение базиса эрозии вызывает периодический размыв и перемещение продуктивных отложений, стабилизацию их гранулометрического и минерального состава.

Весьма существенными определяющими возможность формирования россыпей являются условия высвобождения (раскрытия) полезных минералов исходных пород и гидродинамический режим бассейна их седиментации. На основе анализа накопленных сведений И. И. Малышев (1957), Г. С. Момджи (1960), В. С. Трофимов (1963, 1964) и другие пришли к выводу, что главным фактором, определяющим благоприятные условия формирования редкометалльно-титановых россыпей промышленного типа, служит образование региональных кор химического выветривания.

А. П. Сигов (1956 г.), опираясь на основной тезис работы В. П. Батурина (1947) о связи между составом терригенных компонентов осадочных отложений и питающих их провинций, предложил принцип выделения площадей, перспективных для локализации россыпей, по минеральному составу тяжелых фракций, от-

ражающему роль химического выветривания при образовании осадка. Это определяется соотношением между количеством устойчивых и неустойчивых минералов, названным А. П. Сиговым «палеогеографическим коэффициентом» (1956 г.). Развивая идею А. П. Сигова, Г. С. Момджи (1960) предложил методику выделения «продуктивных формаций», получившую более широкое признание.

Денудация «свежих» пород не приводит к образованию крупных и богатых россыпей, поскольку неустойчивые в коре выветривания тяжелые минералы накапливаются вместе с цирконом, редкоземельными и титановыми минералами. В частных случаях мелкие собственно титановые россыпи, не содержащие редкометаллических минералов, могут возникать за счет пород, не испытавших химического выветривания, что фиксируется лишь при образовании россыпей в непосредственной близости от богатого коренного источника. При дезинтеграции и размыве «свежих» кристаллических пород и последующей гравитационной дифференциации материала в процессе формирования продуктивных отложений пироксены, амфиболы, гранаты, магнетит, титаномагнетит и другие минералы, близкие по плотности к циркону, рутилу, ильмениту и редкоземельным фосфатам, концентрируются вместе с последними, причем сохраняется их примерное соотношение, как и в исходных породах. В связи с этим даже при высоком содержании тяжелой фракции в песках относительная концентрация полезных компонентов остается низкой. Примером подобных россыпей, образованных за счет непосредственного размыва коренных пород, служат черные пляжевые пески Черноморского и Каспийского побережий Кавказа. Здесь при весьма высоком выходе тяжелой фракции, достигающей первых десятков процентов, концентрация ильменита и циркона редко превышает первые килограммы на 1 м<sup>3</sup> песков. Тяжелая фракция состоит, главным образом, из темноцветных породобразующих силикатов и магнетита (Гурвич, Болотов, 1968).

В процессе химического выветривания, как известно, происходит распад кристаллических решеток алюмосиликатов, в первую очередь полевых шпатов; легко разрушаются минералы, богатые закисью железа, — пироксены, амфиболы, а также магнетит и др. Неустойчивые силикаты превращаются в глинистые продукты и гидраты окисей, часть компонентов переходит в раствор и выносятся из коры выветривания. Ильменит ведет себя в коре выветривания иначе. Двухвалентное железо в решетке ильменита окисляется до трехвалентного и частично выносятся, остающаяся двуокись титана образует кристаллическую решетку рутила и сохраняется в коре выветривания в виде устойчивых зерен лейкоксена и лейкоксенизированного ильменита, который проявляет себя в этом случае как минерал, способный сохраняться в процессе длительной транспортировки.

В. П. Батулин (1947), определяя общие принципы поведения минералов в коре выветривания, указывает, что устойчивость их определяется величиной электростатического взаимодействия меж-

ду слагающими кристаллическую решетку катионами и анионами. Наиболее сильными анионами являются фтор и кислород, поэтому в условиях химического выветривания все минералы с другими анионами (кроме фтора и кислорода) подвергаются изменению и должны рассматриваться как неустойчивые. Прочность кислородных соединений зависит от величины ионного потенциала, прямо пропорционального его радиусу. В условиях химического выветривания устойчивы окислы элементов с ионным потенциалом более 3.

В соответствии с этими принципами к основным устойчивым в коре выветривания минералам относятся флюорит, кварц, рутил, бадделейт, циркон, монацит, ксенотим, пикотит, лейкоксенизированный ильменит, лейкоксен, дистен, андалузит, силлиманит, алмаз, благородные металлы и др. К минералам промежуточной устойчивости, сохраняющимся в нижней гидрослюдистой части коры выветривания, относятся альмандин, сфен, эпидот, щелочные полевые шпаты, апатит. Неустойчивыми минералами являются все сульфиды, амфиболы, моноклинные и ромбические пироксены (кроме магнезиальных), гранаты (кроме альмандина), окислы металлов с низким ионным потенциалом — магнетит, перовскит и др.

Используя эти данные для прогнозирования прибрежно-морских редкометалльно-титановых россыпей, Г. С. Момджи (1960) предложил оценивать перспективы изучаемой осадочной толщи путем определения «коэффициента устойчивости» ( $K_y$ ). Так, продуктивным пескам, образовавшимся за счет хорошо проработанной каолиновой коры выветривания, отвечают значения коэффициента устойчивости +2, +2,5 и более. Значение коэффициента устойчивости от 0, до +2 соответствует горизонтам, возникшим за счет размыва нижних частей разреза коры выветривания. Отрицательные значения коэффициента характерны для отложений, сформированных при непосредственном размыве кристаллических пород, не затронутых химическим выветриванием.

Следует отметить, что выделение продуктивных отложений на основе значения коэффициента устойчивости не всегда достаточно для их оценки, поскольку у всех осадков, сформировавшихся за счет многократного переотложения,  $K_y > +2$ . По существу этот метод дает возможность лишь отбраковать участки, где возможность накопления россыпей промышленного типа практически исключена, т. е. площади, сложенные терригенными отложениями, возникшими за счет размыва «свежих» пород. Для выделения собственно продуктивных горизонтов, связанных с переотложенными корами выветривания, необходимо привлечение дополнительных критериев, характеризующих гранулометрический состав пород, гидродинамическую обстановку в бассейне седиментации, тектонический режим в период накопления осадков, установление средних концентраций тяжелой фракции в песках и др.

Известны примеры, когда потенциально продуктивные толщи (пески с  $K_y > +2,5$ ) даже при наличии прочих благоприятных условий не содержат промышленных концентраций полезных ком-

понентов, поскольку обладают резко пониженным содержанием тяжелой фракции. По-видимому, как отмечалось выше, для неогеновых россыпей Предкавказья тяжелая фракция накапливалась в предшествующем цикле сортировки, и в указанном случае мы имеем дело с «хвостами» этого процесса.

Образованию мощной коры выветривания способствует сохраняющийся на протяжении достаточно длительного периода времени континентальный режим в условиях относительного тектонического покоя и благоприятного климата. В арктических и субарктических зонах развиваются маломощные гидрослюдистые коры выветривания. В жарком и влажном климате образуются мощные каолиновые и латеритные коры выветривания с предельно высоким высвобождением аксессуарных минералов. Для жаркого сухого климата характерны кремнеземистые, карбонатные, гипсовые и сульфатно-хлоридные коры.

Коры выветривания различных возрастов известны в Молдавии, Прибалтике, на Украине, в районе Курской магнитной аномалии, на Тимане, Балтийском щите и других частях Русской платформы, в Салаире, Кузнецком Алатау, Кузбассе, Туве, Западном Саяне, Енисейском кряже, Минусинской котловине, Зейско-Бурейнской депрессии, Приморье, на Северо-Востоке СССР и в других районах.

Детальному изучению этого вопроса посвящен ряд работ И. И. Гинзбурга, С. К. Горелова, К. И. Лукашова, В. П. Петрова, Л. Б. Рухина, А. П. Сигова, А. В. Сидоренко, В. М. Сеницына, А. М. Цехомского, М. Д. Эльянова и других исследователей.

Не останавливаясь повторно на характеристике основных эпох развития кор выветривания в отдельных регионах СССР, необходимо еще раз подчеркнуть, что этот важнейший фактор является непременным условием формирования региональных (аллохтонных) россыпей редкометальных и титановых минералов.

Размещение и характер продуктивных отложений непосредственно зависят от интенсивности и знака тектонических движений. Картина эволюции минерального состава терригенных пород в связи с тектоническим режимом довольно отчетливо выяснена для многих регионов. В периоды активной тектонической деятельности происходит интенсивный привнос неразложившегося обломочного материала, а в эпохи медленных воздыманий равнинных областей сноса, при малых скоростях прогибания районов седиментации накапливаются продукты переотложения коры выветривания каолинового профиля. Естественно, что формирование аллохтонных продуктивных отложений будет иметь место в пределах платформ и их ближайшего обрамления. В складчатых областях характер континентального литогенеза резко отличается, ввиду отсутствия благоприятных условий для формирования кор химического выветривания.

В связи с этим рассматриваемые закономерности размещения региональных россыпей свойственны мало дифференцированным частям платформ, для которых характерно довольно четкое изме-

нение минерального состава продуктивных и вмещающих отложений.

Например, среднеюрские россыпи центральных районов Русской платформы, относящиеся к начальным периодам затухания тектонических движений, содержат значительное количество промежуточных и неустойчивых минералов. В продуктивных образованиях этих же районов, но сформированных в конечные стадии периода относительного тектонического покоя — нижнекаменноугольного (тульский горизонт), аптского, сантонского и палеогенового, неустойчивые минералы отсутствуют, а промежуточные содержатся в ничтожных количествах. Для эпох кратковременного оживления тектонической деятельности в областях сноса, с которыми связаны, например, россыпи бобринского горизонта нижнего карбона и сенманского яруса верхнего мела (центральные районы Русской платформы), вновь характерно увеличение содержания промежуточных по устойчивости минералов.

Благоприятные предпосылки для образования крупных прибрежно-морских россыпей возникают при медленном поднятии суши. В этом случае обеспечивается равномерное поступление в бассейн седиментации терригенного материала за счет размыва кор выветривания. Оптимальные условия для выноса продуктов разрушения к морю (или озеру) создаются при большой разветвленности гидросети. Образующиеся россыпи, поднятые на пологих берегах над поверхностью моря, слабо подвергались эрозии, захороняясь под дюнными песками, которые могли содержать редкометалльные и титановые минералы в высоких концентрациях.

Быстрые трансгрессии и регрессии моря не способствуют образованию продуктивных отложений, так как терригенный материал не успевает достаточно хорошо отсортироваться; в лучшем случае возникают убогие россыпи. При медленном погружении суши накапливаются мощные толщи песков, неравномерно обогащенные прослоями шлиховых минералов.

Необходимо еще раз подчеркнуть один важный фактор, определяющий формирование морских и озерных россыпей, — гидродинамический режим бассейна седиментации.

В береговой зоне происходит длительная и интенсивная дифференциация обломочного материала по крупности и плотности. Ф. А. Щербаков и Ю. А. Павлидис (1962 г.) на основе изучения минерального состава прибрежных осадков Азовского, Черного, Балтийского и Японского морей пришли к выводу, что с точки зрения формирования россыпей в пляжевой зоне наиболее благоприятны исходные пески со средней крупностью зерен до 0,3 мм. Близкие результаты получены при изучении гранулометрического состава древних россыпей, в которых собственно рудные минералы сосредоточены в классе 0,043—0,25 мм. Исключением является лишь россыпь девонского возраста на Тимане, в которой преобладающий минерал — лейкоксен имеет размеры зерен от 0,2 до 0,8 мм (Сушон, 1963). Для продуктивных отложений этого района характерно также пониженное значение коэффициента устойчиво-

сти. Такой аномальный гранулометрический и минеральный состав россыпи объясняется особыми условиями ее генезиса, детально рассмотренными выше.

Это исключение еще раз подтверждает, что для образования прибрежно-морских (региональных) россыпей наиболее оптимальны пески с размером зерен менее 0,3 мм. По-видимому, такая размерность отвечает максимальному раскрытию рудных минералов в соответствии с преобладающим размером аксессуариев (без их существенного переизмельчения), и дальнейшая сортировка материала заключается преимущественно в сепарации минералов по плотности.

Вопросам классификации морских (озерных) россыпей редкометалльных и титановых минералов посвящены публикации А. А. Аксенова, В. П. Воробьева, Р. Б. Крапивнера, И. И. Малышева, Г. С. Момджи, Е. Н. Невесского, Ю. А. Павлидиса, С. В. Тихомирова, В. С. Трофимова, В. Г. Ульста, Ф. А. Щербакова, К. В. Яблокова и других авторов.

Укрупненная типизация россыпей прибрежной зоны сводится к выделению среди них четырех основных типов — пляжевых, донных, подводных дельт и эоловых, которые в зависимости от последующего тектонического режима могут занимать различное гипсометрическое положение относительно современного уровня моря. Чаще в древних россыпях отсутствует четкая граница между этими подтипами россыпей, поскольку многократное перемещение береговой линии приводит к формированию смешанных типов. Особенно резко это проявляется при завершении трансгрессивных циклов, приводящих к «захоронению» дельтовых россыпей с последующим преобразованием в донные и пляжевые.

Пляжевые россыпи обычно образуются в волноприбойной зоне между уровнями прилива и отлива, вытягиваясь вдоль пляжевой полосы.

При этом формирование продуктивных отложений и передвижение их вдоль берега во многом зависят от направления и силы господствующих ветров и морских течений.

На возникновение течений в открытых морских бассейнах влияют колебания температуры воды, а в закрытых водоемах главной причиной является ветер. При направлении ветра вдоль берега или под острым углом возникает прибрежное течение, некоторое подобие речного потока; при направлении, перпендикулярном к береговой линии, поверхностные воды движутся по ветру, а донные — в обратном направлении. При этом происходит размыв донных осадков и их вынос в более глубокие части бассейна. Такой процесс отчетливо наблюдается в областях современного россыпеобразования и, в частности, на побережье полуострова Флорида, где наряду с сильным течением Гольфстрим существует узкая полоса более слабого прибрежного течения. Здесь многочисленные реки, впадающие в Атлантический океан, размывают продукты дезинтеграции докембрийских гранитов, гнейсов и метаморфизованных палеозойских отложений. Выносимый на побе-

режье рыхлый материал, медленно передвигаясь к югу, образует обогащенные шлихом участки в полосе прибоя, создающие в целом пляжевые россыпи значительной протяженности.

Подобная картина отмечается и в других провинциях развития современных пляжевых россыпей (Австралия, Индия, Бразилия). Обычно они состоят из серии узких (5—50 м), маломощных (0,2—1 м) залежей, но с высокой концентрацией рудных минералов, благодаря тонким прослоям естественного шлиха. В отдельных случаях, в частности, на побережье Бразилии отмечаются пласты средней мощностью 2—4 м при суммарной концентрации циркона, монацита и титановых минералов 60—75% (Гурвич, Казаринов, Хмара, 1964).

Протяженность пляжевых россыпей весьма различная. Иногда при перемыве больших масс терригенного материала она достигает десятков километров. В этом случае решающими факторами выступают очертания береговой линии и направление преобладающего в течение года волнения, в зависимости от которых в пределах побережья моря или озера выделяется ряд участков, характеризующихся годовым потоком наносов определенного направления. При встречном движении происходит намыв отложений и обмеление прибрежной полосы; если потоки наносов ориентированы в различные стороны, то на пограничном участке берег размывается.

При сильно изрезанной береговой линии нарушаются и усложняются прибрежные течения. Волны в зоне прибоя сначала выравнивают береговую линию, а затем влияют на процессы сортировки и концентрации минералов по плотности (Невеский, Щербаков, 1960 г.). Крутые уступы коренных пород, вдающиеся глубоко в море, препятствуют переносу рыхлого материала вдоль берега, способствуя образованию баров, пересыпей и кос. В отличие от стран субэкваториальной зоны в СССР пляжевые россыпи современных побережий не представляют существенного практического интереса.

Россыпи подводных дельт формируются в областях мелкого шельфа. Образование их связано с перемывом терригенного материала в сложной гидродинамической обстановке, в условиях поступательного речного потока (область морского дельтового течения), приливно-отливных перемещений вод и колебательных движений волноприбойного характера.

Аллохтонные россыпи древних подводных дельт менее изучены, а морфологически они наиболее сложны. Обычно это залежи весьма сложных очертаний, представляющих собой в плане серию лентовидных, извилистых, местами овальных тел, создающих нередко в общем контуре форму «метлы». Благодаря перемыву дельтовых россыпей (в подводной части) они в различной степени преобразованы в пляжевые и донные, что значительно затрудняет их диагностику. Часто принадлежность их к данному генетическому типу подчеркивается приуроченностью высоких concentra-

ций рудных минералов к низам разреза, что отражает перемены продуктивных отложений в трансгрессивных условиях.

В своей надводной части дельтовые россыпи подобно россыпям широких аллювиальных равнин формируются в континентальных условиях со всеми присущими чертами литогенеза, что отчетливо показано В. С. Трофимовым (1963) на примере разновозрастных россыпей Тургайского прогиба и Азовского моря.

Несмотря на ограниченное число известных пока древних россыпей подводных дельт, отдельные из них имеют важное значение, поскольку характеризуются высокой концентрацией рудных минералов и значительными масштабами залежей.

Донные россыпи образуются при транспортировке и перемысле терригенного материала морскими течениями. Они изучены слабо, хотя, как указывалось выше, многие древние аллювиальные россыпи центральных и южных районов Русской платформы, вероятно, связаны с подобным гидродинамическим режимом (Гурвич, Болотов, 1968). Источником продуктивного материала для них во многих случаях служили дельтовые и затопленные пляжевые россыпи. В связи с этим донные россыпи обычно отличаются высокой концентрацией рудных минералов, а отдельные прослои представляют собой естественные концентраты. Морфологически они образуют пластообразные, часто линзующиеся залежи, прослеживающиеся вдоль древней береговой линии на значительное расстояние. Залегание их обычно близко к горизонтальному, и они нередко, например, в отдельных районах Русской платформы обнажаются современной овражно-балочной сетью. Этим создается возможность проведения прямых визуальных поисков в комплексе с геофизическими (радиометрическими) методами. Однако отмечаются случаи более крутого залегания продуктивных пластов, что вызвано не только направлением и уклоном подводных течений, но и последующим неотектоническим развитием района.

Эоловые россыпи возникают на открытых прибрежных участках при наличии достаточных масс песка, формирование их в значительной степени определяется направлением ветра. Содержания полезных минералов в дюнах ниже, чем в пляжевых или донных россыпях, однако они отличаются значительными масштабами, в связи с чем могут представлять практический интерес. Примером месторождений такого типа являются россыпи в штатах Керала и Андхра (Индия), где песчаные дюны с рудными минералами формировались под действием сильных ветров. При трансгрессивных циклах дюны служат благоприятным источником формирования прибрежно-морских россыпей. На территории СССР подобные образования, представляющие собой систему береговых валов и дюнных гряд, развиты по побережью Ирбенского пролива (Балтийское море). Детально этот вопрос рассмотрен А. И. Лисицыным (1962 г.) на примере россыпей о. Хайнань.

Таким образом, для возникновения россыпей рассматриваемой группы в общем случае наиболее благоприятны прибрежные уча-

стки бассейнов вблизи впадения в них рек; площади размыва морем (озером) терригенных осадков, являющихся продуктами переотложения кор химического выветривания; районы морских дельт и примыкающие к ним участки, на которых развиты донные течения.

Реконструкцию гидродинамической обстановки палеобассейнов для последующего выделения перспективных площадей можно выполнить на основе карт литофаций, используя известный метод определения генезиса песков путем анализа их гранулометрического состава, предложенный Л. Б. Рухиным (1962), в комплексе с наблюдениями над текстурами отложений.

Нужно отметить, что применение методики Л. Б. Рухина мало эффективно при анализе песков, подвергавшихся неоднократному переотложению. В этом случае гранулометрический состав в значительной мере стабилизируется и дальнейшая гидродинамическая сортировка практически не отражается на составе (Гурвич, Болотов, 1968). Не рассматривая в данной работе методы определения генезиса песков, заметим лишь, что ряд исследователей считают весьма важным признаком морфологию минеральных частиц. В частности, А. Кайе (Cailleux, 1952) предлагает определять генезис по форме обломков. Он считает, что, если во фракции размером около 0,3 мм число округлых глянцеватых зерен превышает 30%, то эти пески морские; при содержании этих зерен от 20 до 30% — предположительно морские. В морских отложениях во фракции 0,8 мм почти все зерна округлые и глянцеватые. Большое количество зерен с матовой поверхностью во фракции  $\geq 0,7$  мм указывает на перенос материала ветром. Этому же вопросу уделено большое внимание в одной из работ А. Б. Вистелиуса (1960 г.).

Вместе с тем методика определения генезиса песков по морфологии частиц не получила общего признания. В частности, В. Твенхофел (Twenhofel, 1945) считает, что применять этот признак в генетических целях вообще нельзя; по мнению Л. Б. Рухина (1962), возможности этого метода весьма ограничены.

При изучении гидродинамической обстановки в целях палеогеографических реконструкций и поисков россыпей более надежным является использование наблюдений над текстурами отложений. В общем случае по характеру слоистости и элементам ее залегания удастся выделить зоны морских течений и волноприбойных движений, установить их направление. Этому вопросу уделяли внимание многие исследователи, особенно Л. Н. Ботвинкина (1962), предложившая методику определения генезиса песков путем изучения различных признаков слоистости (около 20).

Резюмируя современные представления об условиях образования древних россыпей крупных водоемов, можно сказать, что формирование их в целом определялось палеогеографией области в тот или иной период ее развития. Палеогеографическая обстановка зависит от комплекса факторов, которые необходимо учитывать при анализе перспектив области: климата, стадии разви-

тия рельефа суши, конфигурации береговой полосы, интенсивности и знака тектонических движений и др.

Оптимальная обстановка для образования региональных россыпей создается при медленном подъеме пенепленизированных участков земной поверхности, формировавшихся в условиях гумидного климата. Отсюда наиболее интересными являются области развития платформенных чехлов.

Древние россыпи, развитые на территории СССР, значительно превышают по своим масштабам современные прибрежно-морские россыпи субэкваториальной зоны, где климатическая обстановка благоприятствует формированию кор химического выветривания (Гурвич, Казаринов, Хмара, 1964).

На территории СССР возможности выявления современных прибрежно-морских и озерных россыпей менее благоприятны в связи с отсутствием зон тропического и субтропического климата. Однако древние продуктивные отложения могут являться промежуточными коллекторами при образовании прибрежно-морских россыпей современных водоемов.

Генезис древних и современных региональных (аллохтонных) россыпей, развитых в платформенных чехлах, довольно близок. Отличие состоит лишь в степени последующего диагенеза и эпигенеза продуктивных отложений. Обычно докембрийские и палеозойские россыпи значительно метаморфизованы и дислоцированы; мезо-кайнозойские — слабо сцементированы или только уплотнены.

В связи с изложенным можно сделать некоторые выводы.

1. Древние прибрежно-морские (озерные) россыпи циркона, титановых и редкоземельных минералов сформировались за счет размыва и переотложения продуктов региональных (площадных) кор химического выветривания. Минералы россыпей этой группы весьма устойчивы в процессах выветривания и транспортировки, в связи с чем при благоприятном гидродинамическом режиме в области седиментации они могут концентрироваться на значительном расстоянии от первоначальных источников питания, что в конечном итоге определяется тектоническим режимом региона.

Отличительной чертой рассматриваемых россыпей является комплексный состав и мелкий размер рудных компонентов ( $-0,25+0,043$  мм), поскольку в их формировании участвуют разнообразные магматические, метаморфические и осадочные породы, всегда содержащие указанные минералы в переменных концентрациях.

2. По условиям образования и характеру размещения эти россыпи являются региональными (аллохтонными), благодаря чему развитие их на территории СССР установлено в отложениях широкого возрастного диапазона от докембрия до неогена включительно.

Наиболее мощными эпохами россыпеобразования на территории СССР являлись девонская, среднеюрская, поздне меловая и

среднепалеоген-раннеэоценовая. Недостаточно изучена во многих регионах потенциальная перспективность регрессивных серий рифей-венда, карбона, раннего мела и палеоцена.

3. По отношению к исходным областям питания россыпи залегают как вблизи поднятий, так и на значительном удалении (десятки, сотни километров).

В первом случае они приурочены к обрамлениям структур первого порядка — кристаллическим щитам, массивам и сводам (нижнепалеозойские россыпи юго-восточного склона Балтийского щита, девонские — Тимана, мезо-кайнозойские — Украинского щита и южного обрамления Воронежского массива, эоценовые — Томского вала и др.).

Россыпи, удаленные от первоисточников, приурочены к положительным структурам второго, третьего и более высоких порядков, осложняющим крупные отрицательные структуры — синеклизы, прогибы (мезо-кайнозойские россыпи центральной части Русской платформы, Предкавказья, Днепровско-Донецкой впадины, центральных районов Западно-Сибирской плиты и др.).

Такой структурный контроль в сочетании с анализом палеогеографической и литолого-фациальной обстановки является важнейшим поисковым критерием.

Подавляющее большинство россыпей приурочено к регрессивным сериям отложений, поскольку наиболее благоприятные условия для их формирования в озерных и прибрежно-морских осадках (пляжевых, донных, подводных дельт) возникают при медленном поднятии пенепленизированных областей сноса, что обеспечивает равномерное поступление в бассейн седиментации терригенного материала из кор химического выветривания. Минеральный состав при этом также эволюционирует: отложения активного периода движений сохраняют значительный объем промежуточных и неустойчивых минералов кор химического выветривания; в россыпях, сформированных в стадии относительного тектонического покоя, неустойчивые минералы практически полностью отсутствуют, а промежуточные встречаются в резко подчиненных количествах.

4. Среди различных типов россыпей прибрежной зоны наиболее крупными являются донные и дельтовые, иногда смешанного генезиса. Для россыпей, приуроченных к донным, обычно тонко- и мелкозернистым осадкам, характерна меньшая размерность рудных минералов ( $\sim 0,1$  мм) по сравнению с дельтовыми и пляжевыми.

При наличии в разрезе нескольких продуктивных пластов наиболее выдержанными и обогащенными чаще являются верхние (регрессивные серии). Средние содержания полезных компонентов в россыпях рассматриваемой группы при значительных масштабах составляют от десятков до первых сотен килограммов на  $1 \text{ м}^3$ , что и определяет древние комплексные россыпи региональной группы как ведущий промышленный тип комплексных месторождений циркона, редкоземельных и титановых минералов.

РОССЫПИ КАССИТЕРИТА, ВОЛЬФРАМИТА  
И ТАНТАЛО-НИОБАТОВ

Основным условием, обеспечивающим образование россыпей рассматриваемой группы (локальных, автохтонных), является наличие соответствующих формационных типов коренных источников, непосредственно определяющих состав и многие другие особенности оловоносных, комплексных и собственно редкометалльных россыпей. Источники питания, вблизи которых формируются россыпи, отличаются значительным разнообразием.

Это — метасоматически измененные и щелочные граниты, а также близкие им образования в зонах щелочного метасоматоза древних метаморфических толщ в консолидированных структурах земной коры с наложенными процессами тектоно-магматической активизации (россыпи касситерита, колумбита, различных редкоземельных тантало-ниобатов); гранитные пегматиты натро-литиевого типа (россыпи касситерита и танталита); массивы редкоземельных карбонатитов (апатит-пирохлоровые россыпи с колумбитом, фтор-карбонатами и фосфатами редких земель); щелочные породы семейства снитенов (россыпи лопарита, иногда редкоземельных тантало-ниобатов); грейзены по гранитоидам и вмещающим их породам (россыпи касситерита с колумбитом и редкоземельными тантало-ниобатами) и другие формационные типы оловорудной и комплексной олово-редкометалльной минерализации.

Образование локальных россыпей — остаточных, склоновых, аллювиальных (обычно в долинах II—V порядков) обусловлено прежде всего характером элювиальной фации, зависящей не только от климатических и морфоструктурных особенностей развития поверхности, но также от формационных и морфологических типов коренных источников, их положения относительно гидросети и объема эродированных рудоносных пород локального источника, что, как показано выше, не свойственно комплексным россыпям региональной (аллохтонной) группы (Апельцин, Гурвич, 1970 г.).

В зарубежных странах наиболее крупные современные россыпи локализованы в субэкваториальной зоне, где климатическая обстановка способствует мобилизации полезных компонентов из современно формирующихся кор химического выветривания.

На территории СССР основные оловоносные и редкометалльные провинции, в пределах которых развиты россыпи, по своему географическому положению попадают преимущественно в криогенные области. В этих районах почти сплошного развития многолетней мерзлоты со своеобразным выветриванием горных пород современные процессы континентального литогенеза и соответственно россыпеобразования отличаются многими особенностями. В первую очередь это вызвано контрастными сезонными и суточными колебаниями температур (особенно в весенне-осенние периоды), вызывающими многократное промерзание и оттайку неравномерно влагонасыщенных горных пород. Трещинные воды, зна-

чительно расширяющие свой объем при замерзании, способствуют более активному разрушению горных пород, растрескиванию рудных минералов и их сростков. Значительное влияние при этом оказывает различная степень изменения объемов у разных минералов при колебаниях температур.

В зависимости от литологии и структурно-текстурных особенностей вмещающих пород, минерального и морфологического типа локализуемого ими оруденения формируется элювий различного механического состава. Среди возникающих рыхлых образований Ю. Г. Симонов («Региональные типы...», 1970) выделяет по физическим свойствам две группы — связанные отложения (глины, суглинки, лёссы) и сыпучие (щебень, хрящ, песок). Для каждой из них характерны индивидуальные черты подвижности на склонах, различная степень дезинтеграции и особые условия накопления рудных минералов.

Однако в общем случае в зоне криолитогенеза формирование элювия не распространяется на значительную глубину, поскольку мощность «деятельного слоя» многолетней мерзлоты обычно не превышает 2—3 м. Возникающая элювиальная «покрышка» препятствует дальнейшему влиянию температурных колебаний на подстилающие мерзлые породы (Шанцер, 1966). В связи с этим при интенсивном развитии эрозионных процессов формирующиеся склоновые и аллювиальные россыпи наряду с совершенными продуктами дезинтеграции содержат сростки рудных минералов и обломки слабо выветрелых руд, резко подчиненных массе обломков «пустых» вмещающих пород, поскольку поверхность эрозии обычно несоизмеримо превышает контуры выходов рудных тел. Исключения составляют наследуемые гидросетью тектонические зоны интенсивной трещиноватости и милонитизации, особенно в случаях их совмещения с рудными телами, где развитие своеобразной для области криолитогенеза зоны окисления, подобной линейным корам выветривания, достигает нередко значительной глубины (70—100 м и более). Такие линейные зоны, совмещенные с полосами штокверкового оруденения, представляют наиболее благоприятные локальные источники богатых россыпей, развитых в криогенных областях (Гурвич, 1968 г.).

При этом формирование тех или иных генетических типов россыпей и их приуроченность к долинам различных порядков определяются неотектоническим режимом развития конкретных морфоструктур. Так, при интенсивных контрастных движениях субстрата формирование аллювия и пролювия с относительно низкой концентрацией полезных минералов происходит в долинах высоких порядков, в пределах приподнятых блоков или в толщах обломочного слабо дезинтегрированного материала в компенсационных впадинах. В относительно стабильных морфоструктурах преобладают элювиальные и склоновые россыпи с более совершенной степенью высвобождения рудных минералов. Для областей промежуточного тектонического режима, с относительно слабым или умеренным воздыманием, характерно развитие склоновых,

делювиально-аллювиальных, аллювиальных и смешанных типов россыпей, главным образом в долинах II—V порядков. В наиболее благоприятных случаях, когда тальвеги таких долин совмещены с рудоносными зонами, возникают элювиально-аллювиальные россыпи, минуя делювиальную (склоновую) стадию мобилизации рудных минералов.

Принципиально иные предпосылки образования россыпей создаются в районах развития площадных кор химического выветривания, формирование которых происходит в периоды завершённых циклов континентального литогенеза в условиях благоприятного климата и относительного тектонического покоя блоков земной коры с тенденцией к умеренному воздыманию. Глубина дезинтеграции материала достигает в этих случаях десятков, а иногда и первых сотен метров. Благодаря этому решающему фактору запасы «свободных» рудных минералов, перешедших в россыпи из источника, пропорциональны площади и глубине (объёму) эрозивного среза продуктивного субстрата. Поэтому не только богатые коренные месторождения, но даже поля с убогой, далеко не промышленной минерализацией на больших площадях (грейзены, минерализованные зоны, штокверки, альбититы, массивы щелочных пород и др.) представляют благоприятные источники образования оловоносных и редкометальных россыпей различных генетических типов в своем ближайшем обрамлении (Гурвич, 1966).

Хорошо известно, что в зависимости от условий формирования россыпей в действительности имеет место либо обогащение, либо рассеяние рудного минерала относительно его содержания в источнике питания. Так, если ввести понятие о коэффициенте обогащения ( $K_0$ ) и сопоставить по уровням концентрации, например касситерита, наиболее типичные в мировой практике оловорудные месторождения и сопровождающие их даже богатые россыпи, то содержание касситерита в россыпях значительно уступает питающим их источникам. В россыпях оно составляет обычно 0,5—1,8 кг/м<sup>3</sup> (без учета тонкодисперсных частиц в глинистых фракциях), а в источниках питания порядка 0,4—1,2% олова, что соответствует 14—42 кг/м<sup>3</sup> касситерита; таким образом,  $K_0 = 0,01—0,13$ . Иными словами, имеет место значительное рассеяние, а не обогащение в основном за счет влияния вмещающих пород, особенно при широко развитой гидросети и жильной форме рудных тел. При аналогичных геоморфологических условиях крупные поля слабо минерализованных оловоносных пород (штокверки, рудные зоны, грейзены) при концентрации олова даже 0,04—0,08%, что соответствует 1,4—2,8 кг/м<sup>3</sup> касситерита, могут дать начало крупным россыпям.

Концентрации танталита в зарубежных россыпях преимущественно варьируют от 30—50 до 100—120 г/м<sup>3</sup> при содержании пятиоксида тантала в пегматитах 0,012—0,03% (800—2000 г/м<sup>3</sup> минерала). Следовательно, коэффициент обогащения также значительно ниже единицы и составляет обычно 0,015—0,1. Анализ много-

численных примеров из мировой практики дает основание утверждать, что для большинства россыпей редких, цветных и благородных металлов, сформированных за счет локальных источников, характерно рассеяние полезного минерала относительно его содержания в питающем рудном месторождении.

Иная картина свойственна россыпям, сформированным за счет крупных массивов рудоносных пород или региональных источников и развитых по ним кор химического выветривания площадного типа. Наиболее ярко это отражено в комплексных титано-циркониевых россыпях, где содержание рудных минералов (циркон, ильменит, монацит и др.) достигает десятков, нередко сотен килограммов на 1 м<sup>3</sup> песков при относительно низких, обычно акцессорных концентрациях этих минералов в исходных породах ( $K_0 = 3-60$ ).

Естественно, что возможность перехода тех или иных полезных минералов из коренных источников в россыпи и их сохранность при формировании последних зависят прежде всего от физико-химических свойств минералов, определяющих их устойчивость в процессах выветривания и транспортировки. В общем случае в коре химического выветривания, в элювиально-делювиальных, аллювиальных и промежуточных (смешанных) фациях континентальных отложений хорошо сохраняются касситерит и многие тантало-ниобаты. В областях современного криолитогенеза известны также прибрежно-морские и озерные россыпи этих минералов. Чаще они приурочены к тем площадям, где мобилизации рудных минералов из благоприятных формационных типов коренных источников способствовало предшествующее развитие кор химического выветривания (север Русской платформы, Северо-Восточная Якутия, Чукотка и др.).

Однако в отличие от комплексных россыпей циркона, редкоземельных и титановых минералов они формируются лишь как автотонные россыпи (ближнего сноса) обычно не далее 5—15 км от источников питания. Это обусловлено тем, что касситерит и тантало-ниобаты отличаются повышенной плотностью и меньшей устойчивостью к длительной транспортировке и многократному переотложению.

Среди известных генетических типов древних россыпей ведущая роль принадлежит аллювиальным, формировавшимся в областях прерывистого, но умеренного воздымания. Отличительными чертами морфоструктур, локализирующих древние россыпи, являются: совмещенность в них древних долин с тектоническими зонами, наличие погребенных каньонов, асимметричность долин, несовпадение в плане древних и современных тальвегов, развитие террас нескольких уровней, часто перекрытых склоновыми отложениями. Реликты кор химического выветривания обычно сохраняются у подножий водоразделов, в перекрытых речных долинах.

Фрагменты поверхностей выравнивания с реликтами кор химического выветривания широкого возрастного диапазона известны во многих районах страны, что отчетливо показано В. П. Петро-

вым (1967). Намечается отчетливая связь с ними разновозрастных оловоносных и редкометалльных россыпей различных генетических типов. Важно подчеркнуть, что это относится и к районам современной криолитозоны, включая субполярные области СССР. Даже известные озерные и долинные россыпи лопарита в межледниковых отложениях Русской платформы вблизи центральных интрузивов нефелиновых сиенитов также в определенной мере связаны с предшествовавшим доледниковым корообразованием (Сидоренко, 1958, 1959 и др.). Хотя специфика продуктивных осадков обусловлена положением региона в субполярной области, где существенную роль играло покровное и горное оледенение, лопариноносными явились различные типы континентальных образований, включая озерные фации, морены обеих стадий покровного оледенения и межстадиальные флювиогляциальные отложения.

Как отмечалось выше, для лопарита характерна изменчивость форм и размерности зерен в соответствии с генетическим типом продуктивных отложений: в элювии преобладают кристаллы и их сростки размером  $1 + 0,25$  мм; в делювии и морене наряду с хорошо ограниченными кристаллами значительную долю составляют их обломки; в аллювиальных и озерных отложениях преобладает класс лопарита  $-0,25$  мм преимущественно в виде округлых зерен различной степени обработки. В свою очередь находки повышенных концентраций лопарита в аллювии, отложениях пляжа и террас морского побережья на значительном удалении от питающего массива свидетельствуют о том, что укоренившееся понятие о «хрупкости» лопарита справедливо лишь по отношению к его крупным индивидам ( $+0,25$  мм). Несомненно, большое значение в переносе несортированного материала играли ледники.

В пределах других субполярных областей СССР определенными перспективами на выявление древних россыпей тантало-ниобатов обладают северо-восточные районы страны. В этой части Тихоокеанского пояса широко проявился кислый гранитный магматизм с сопутствующим оловянным оруденением различных формаций, среди которых месторождениям вольфрамит-касситерит-кварцевой формации нередко сопутствуют тантало-ниобаты. В тех же районах отмечены источники собственной тантало-ниобиевой минерализации других генетических типов (пегматитовый, грейзеновый, альбититовый, карбонатитовый), рассмотрение которых приведено выше. В частности, отмечалось, что здесь известно два района развития пегматитов, потенциально перспективных на выявление россыпей танталита.

Иными чертами минерального состава характеризуются россыпи, связанные с грейзенами. Основные полезные компоненты этих россыпей представлены вольфрамитом, касситеритом и танталит-колумбитом, причем вольфрамит нередко преобладает над касситеритом. Продуктивный пласт обычно выдержан на значительном протяжении, но характеризуется сложным строением. Морфоструктуры, локализирующие продуктивные образования, сохраняют устойчивую тенденцию к воздыманию, благодаря чему в их пределах

формируются глубокие каньонообразные асимметричные долины, как правило, врезанные в зоны сильно трещиноватых гранитоидов, по которым сохранились реликты кор химического выветривания. Наиболее высокие концентрации рудных минералов приурочены к нижней части разреза продуктивных отложений, датируемых неогеном и выполняющих тальвеги древних долин.

Среди других формационных типов источников питания россыпей касситерита и тантало-ниобатов на Северо-Востоке определенное место принадлежит полям развития циннвальдит-кварц-альбитовых апогранитов. В геоморфологическом отношении одно из таких рудных полей занимает гольцовую вершину с асимметричным строением склонов, из которых южные—отлогие дренируются пологосклоновыми долинами, благоприятными для формирования оловоносных и танталоносных россыпей.

Своеобразными чертами строения и состава отличаются редкометалльные россыпи, пространственно тяготеющие к массивам щелочно-ультраосновных пород и карбонатитов. Содержание и распределение тантало-ниобатов в карбонатитах обычно весьма неравномерное. Преобладают пирохлор, гатчеттолит, колумбитизированный пирохлор и колумбит, иногда дизаналит; кристаллы и их агрегаты достигают иногда 0,6—0,8 см.

Поскольку коры химического выветривания развиваются по карбонатитам в условиях свободной инфильтрации поверхностных вод и активного окисления карбонатов и железистых силикатов, это способствует остаточному накоплению более устойчивых тантало-ниобатов (колумбитизированного пирохлора и колумбита), разложению и выносу минералов вмещающих их пород. Вместе с апатитом, фосфатами и фтор-карбонатами редких земель тантало-ниобаты нередко образуют богатые россыпи остаточного типа, хотя специфика развития отдельных площадей способствует также формированию россыпей ближнего сноса. В частности, к одному из массивов примыкает озерная котловина, выполненная толщей рыхлых отложений, в которых установлена россыпь редкометалльных минералов указанного выше комплекса.

На территории Северо-Востока СССР отмечается еще ряд площадей с сохранившимися реликтами кор химического выветривания, перекрытыми рыхлыми отложениями различных генетических типов с аксессуарной концентрацией тантало-ниобатов, коренные источники которых пока однозначно не определены. В частности, в аллювии р. Омолон (Якутия) отмечен тапиолит, по южному обрамлению Велиткенайского массива (Чукотка) среди шлиховых минералов оловоносных россыпей установлены приорит и эвксенит, а в прибрежно-морских отложениях мыса Биллингса — лопарит («Новые данные...», 1975).

Особого внимания заслуживают площади развития метасоматически измененных гранитов, на которых зафиксированы реликты кор химического выветривания и продукты их перераспределения, свидетельствующие о перспективах выявления древних россыпей

даже при отсутствии богатых коренных источников тантало-ниобатов (Апельцин, Гурвич, 1970 г.).

Многие из собственно оловоносных россыпей, развитых в областях многолетней мерзлоты, даже в пределах молодых долин объяснены своим формированием не только современным процессам литогенеза, но и предшествовавшему корообразованию. Особенно характерны россыпи хр. Полоусного и примыкающей Приморской низменности, где намечаются две эпохи выравнивания и корообразования, продукты переотложения которых коррелируются с выполняющим древние долины оловоносным аллювием. В частности, это отчетливо фиксируется в различных по строению россыпях руч. Крайнего и р. Тенкели. Реликты кор химического выветривания отмечаются также и в других оловоносных долинах этого района (Суор, Истээх, Омчикандя и др.), что несомненно подтверждает определенную их роль в формировании россыпей.

Это положение может быть целиком отнесено и к оловоносным площадям Центральной Чукотки, рассмотренным выше на примере наиболее типичных россыпей Пырканайской зоны. К ней приурочены три оловоносных узла (Лево-Пегтымельский, Куветский, Биллингский), в пределах которых продуктивные отложения характеризуются значительным разнообразием генезиса, строения и условий седиментации («Новый район...», 1969). Широкое разнообразие генетических типов россыпей (современные и древние континентального ряда, прибрежно-морские) связано здесь с различным неотектоническим режимом смежных морфоструктур, что отчетливо выражено в современном рельефе. В пределах этой зоны с юга на север современный рельеф закономерно меняется от альпинотипного и эрозионного среднегорного к рельефу заболоченной приморской равнины, обрамленной лагунным поясом. При такой неоднородности территории, обусловленной неотектоническими особенностями ее развития, здесь повсеместно сохранились фрагменты древних поверхностей выравнивания и реликты кор химического выветривания.

Кроме оловоносных площадей Центральной и Восточной Чукотки находки реликтов кор химического выветривания известны и в других субполярных областях Северо-Востока СССР (южный фланг хребта Черского, Верхне-Колымское нагорье, побережье Ванькиной Губы, Яно-Индибирская низменность, северное подножье хр. Кулар и др.).

Рассматривая развитие современного рельефа земли, И. П. Герасимов и А. В. Сидоренко («Поверхности выравнивания...», 1974) пришли к выводу о глобальном пенеппене юрско-мелового возраста, подвергнувшись в дальнейшем сложным денудационным преобразованиям, с отличительными особенностями в различных регионах. В частности, на Северо-Востоке СССР, по мнению Н. А. Шилов, В. Г. Беспалого и Г. Ф. Павлова (1971), процессы россыпеобразования связаны с переработкой продуктов кор химического выветривания, отвечающих региональной поверхности выравнивания конца мела — раннего миоцена.

В связи с этим следует уделить также необходимое внимание депрессиям и тектоническим, нередко унаследованным впадинам, служившим на протяжении длительного времени в ряде регионов областями седиментации продуктивного материала и локализуемых иногда россыпи многоярусного строения.

В целом значительными перспективами отличаются многие оловоносные районы криолитозоны Советского сектора Тихоокеанского рудного пояса. Учитывая, что для автохтонных россыпей характерна прямая или косвенная связь с локальными коренными источниками, перспективы конкретных площадей определяются формационным и морфологическим типом источника питания, эродированным его объемом и предшествовавшим переотложению полезных компонентов условиями мобилизации рудного вещества, наиболее благоприятными при развитии процессов корообразования.

Близкие к этим условия возникали и в других более южных районах Советского сектора Тихоокеанского пояса. Характерным в этом отношении, по нашему мнению, является Приморье, где наиболее интересные оловоносные россыпи сформировались не в восточных металлогенических зонах с известными оловорудными месторождениями, а на западе Даубихинского прогиба и Приханкайской впадины (с относительно рассеянной минерализацией касситерит-кварцевой формации), отличающейся более ранней консолидацией складчатых структур («Проблемы...», 1970). Неоднократная перестройка гидросети на фоне замедленных блоковых движений способствовала здесь аккумуляции большого объема хорошо дифференцированного обломочного материала в значительной степени за счет широко развитых кор химического выветривания. Многие россыпи (в частности, Вознесенского узла) связаны с погребенными элементами палеоген-неогенового рельефа, где в продуктивных отложениях обнаруживается прямая связь между аллювиальными, делювиально-аллювиальными фациями и остаточными корами выветривания. Некоторые из них (например, Озерная), как это отчетливо показано А. Ф. Крамчаниным («Проблемы...», 1970), перекрыты мощной толщей угленосных отложений палеоген-неогена и песчано-глинистых осадков плиоцена. Другие, также формировавшиеся при перемыве древних кор, приурочены к более поздним формам неогенового и четвертичного рельефа. Среди них Осиновская россыпь залегает в горизонте так называемых голубых щебней, заполняющем плиоценовые палеодолины, перекрытые позднеплиоценовыми базальтами.

Между древними и современными оловянно-редкометалльными продуктивными образованиями устанавливаются различия в условиях залегания, морфологии пластов и литологии отложений.

В большинстве древних россыпей, подвергшихся перемыву и соответственно более совершенной классификации материала, отмечается некоторая стабилизация (усреднение) гранулометрического и минерального состава продуктивных отложений.

В современных локальных россыпях, где исходный материал не претерпел глубоких изменений, сохраняются минеральные ассо-

циации, типичные для источников сноса. Это особенно характерно для областей криолитогенеза, в которых минеральные ассоциации не обнаруживают существенных изменений, наследуя в большей степени соответствующие черты коренных источников.

В определенных условиях изменения тектонического режима и рельефообразующих процессов известны примеры формирования оловоносных россыпей за счет размыва и переотложения более древних продуктивных (или слабопродуктивных) отложений промежуточных коллекторов. Это характерно для ряда районов Забайкалья, тяготеющих к крупным депрессиям, в основном завершившим свое развитие в позднем мезозое. Рельеф периода поздней активизации позднеэоценового — раннечетвертичного времени, погребенный под более молодыми отложениями, вмещает различные генетические типы оловоносных и комплексных образований, которые одновременно тяготеют как к известным источникам, так и к промежуточным коллекторам меловых конгломератов и гравелистов, широко распространенным в пределах впадин.

Этот вопрос заслуживает специального изучения, поскольку он может внести определенные коррективы в существующие представления о дальности транспортировки мелкокристаллического касситерита в продуктах переотложения кор химического выветривания. Находки его отмечаются не только в древних образованиях подвижных областей, но и на платформах. В частности, наличие касситерита в палеогеновых песках отмечалось автором по обрамлению Украинского кристаллического щита в южных районах Белоруссии. Характерно присутствие касситерита и в титаноциркониевых россыпях Среднего Приднепровья и Днепровско-Донецкой впадины, где размерность его зерен также не превышает 0,06—0,08 мм. Обращая внимание на присутствие касситерита и в ряде других районов Украины, С. Н. Цымбал и Ю. А. Полканов (1975) совершенно обоснованно ставят вопрос о необходимости постановки специальных исследований.

Выше приводились многочисленные примеры россыпей не только минералов группы танталит-колумбита, но и самарскита, эвксенита, поликразы, лопарита, пирохлора и др. Из них за рубежом наиболее детально изучены аллювиальные россыпи эвксенита Бэр-Велли (Айдахо, США), являющиеся продуктами перемыва кор выветривания, развитых по кварцевым диоритам, в которых эвксенит и монацит присутствуют в виде акцессорных минералов; близкие условия формирования характерны для россыпей самарскита, монацита и циркона в Риу-Гранди-ду-Норти (Бразилия), образованных за счет акцессориев мигматитов и прорывающих их гранитов; россыпи поликразы в Пионервилл (США); касситерита с приритом в Свазиленде (Африка).

Многочисленные россыпи танталита также обычно связаны с остаточными корами выветривания современного латеритного типа и продуктами их переотложения (Заир и другие провинции Африки, Бразилия, Австралия). В последние годы все чаще отмечаются находки элювиально-делювиальных и даже делювиально-

аллювиальных россыпей пирохлора — наименее устойчивого минерала среди тантало-ниобатов.

Наиболее характерным примером оловянно-редкометалльных россыпей, сформированных из современных кор выветривания, развитых по колумбитоносным гранитам с непромышленной минерализацией, являются уже упоминавшиеся касситерит-колумбитовые россыпи плато Джос в Нигерии (Апельцин, Фельдман, 1958). Следует иметь в виду, что такого типа коренной субстрат даже в наиболее благоприятных условиях редко обеспечивает высокие концентрации устойчивых минералов в остаточных корах. Даже в Нигерии наиболее продуктивными являются элювиально-делювиальные и аллювиальные образования, развитые в пределах логов и депрессий, выполненных переотложенными продуктами коры.

В СССР близким по условиям формирования аналогом, но палеогенового возраста являются касситерит-колумбитовые россыпи северного обрамления Украинского кристаллического щита (Гурвич, 1960).

При подобных особенностях коренного субстрата и древнего (мезозойского) корообразования в районах Северного Казахстана остаточные коры выветривания, как правило, также являются бедными и невыдержанными («Новые данные...», 1975). Однако даже здесь, в условиях относительно стабильной выровненной поверхности Кокчетавской глыбы, происходило переотложение продуктов кор с накоплением вблизи локальных полей минерализации касситерита и колумбита в отложениях определенных фаций и возраста. Таковыми явились суглинки и супеси верхов олигоцена — низов миоцена и нижнечетвертичного времени, выполняющие депрессионные формы рельефа соответствующего возраста.

Принципиально отличающимися по источникам формирования являются касситерит-танталитовые россыпи Восточного Казахстана. Они представлены различными морфологическими и генетическими типами, среди которых выделяются склоновые, делювиально-аллювиальные и флювиогляциальные, тяготеющие к полям развития легматитов. Наибольший интерес имеют погребенные продуктивные образования, приуроченные к древнеледниковым флювиогляциальным и аллювиальным отложениям («Проблемы...», 1970).

Выше отмечались и другие многочисленные примеры танталитовых и касситерит-танталитовых россыпей, формирование которых также связано с пегматитами.

Особого рассмотрения заслуживают вольфрамонасные россыпи, поскольку, начиная с 50-х годов, укоренилось мнение, что наиболее крупные и богатые из них отработаны, а перспективы выявления новых ограничены. В последние годы, в связи с находками новых и расширением перспектив ранее известных районов вольфрамовых россыпей в Якутии, Забайкалье и других провинциях, интерес к их поискам вновь повысился.

Коренными их источниками являются контактово-метасоматические, грейзеновые, кварцевожильные и штокверковые месторождения. В ряде случаев формирование вольфрамоносных и комплексных оловянно-вольфрамовых россыпей связано с бедными коренными источниками, развитыми на широких площадях обнажающихся рудоносных интрузий и их контактовых ореолов (Наньлинский пояс КНР, Модотинский и Верхне-Ононский районы МНР и др.).

По минеральному составу полезных компонентов россыпи вольфрама подразделяются нами на три основные группы («К проблеме поисков...», 1975).

1. Собственно вольфрамовые, в которых главным полезным компонентом является вольфрамит или шеелит, а другие рудные минералы (касситерит, золото и др.) составляют незначительные примеси. Эти россыпи имеют сравнительное ограниченное распространение.

2. Комплексные вольфрамо-оловянные россыпи, иногда с минералами висмута и самородным золотом, в которых оба ведущих полезных минерала представляют примерно равный интерес. Комплексные оловянно-вольфрамовые россыпи (прежде всего вольфрамит-касситеритовые) пользуются наиболее широким распространением в ряде вольфрамоносных районов и достигают наиболее крупных размеров. Содержание вольфрамовых минералов в них обычно ниже, чем в россыпях I типа. Золото-вольфрамовые россыпи встречаются реже. Из зарубежных примеров известно, что лишь в районах развития шеелитоносных кварцевых метасоматитов они представляют практический интерес.

3. Россыпи, содержащие минералы вольфрама в качестве попутного компонента. Это — россыпи олова и золота, в которых содержания минералов вольфрама обычно не превышают десятков граммов на 1 м<sup>3</sup>, однако при крупных запасах основных компонентов попутные минералы нередко приобретают практическое значение.

Повышенные содержания шеелита установлены также в прибрежно-озерных кварцевых песках, содержащих ильменит, рутил, циркон, апатит и гранат. Практическая ценность комплексных россыпей этого типа еще не определена, но несомненно заслуживает дальнейшего изучения.

Физические особенности вольфрамита и шеелита (значительная хрупкость, наличие ясной или совершенной спайности) определяют свойства этих минералов как умеренно устойчивых (Кухаренко, 1961 г.) при транспортировке. В большинстве случаев протяженность вольфрамитовых и шеелитовых россыпей не превышает 1,5—2,5 км; при большей длине размерность и концентрация полезного компонента резко падают. Значительная протяженность некоторых вольфрамовых россыпей (например, Омчигандинской 9 км, Инкурской 8 км и др.) объясняется несколькими источниками питания в дренирующей долине («Условия...», 1971). Подверженность вольфрамовых минералов механическим

воздействиям определяет более благоприятный их перенос на склоновой стадии в обломках вмещающих пород. Этот процесс, широко распространенный в условиях криолитогенеза, детально описан Н. А. Шилов (1956 г.).

Особенности строения вольфрамовых россыпей были проиллюстрированы выше на примере Омчикандинского рудного узла, в пределах которого выделяются следующие генетические и возрастные группы россыпей: 1) аллювиальные: а) пойменные — долинные (современные), б) террасовала и I надпойменной террасы (сартанские), в) древних долин (позднеплиоцен-раннечетвертичные); 2) склоновые; 3) россыпи распадков (ложковые), представляющие образования сложного склоново-аллювиального генезиса.

Заведомо древние, доверхнечетвертичные касситерит-вольфрамитовые россыпи известны также в красноцветных песчано-гравийно-галечных и песчано-щебнистых отложениях в рудном районе Модото (Центральная Монголия), где они образуют нижние пласты в долинах Баин-Мод и Хучжи-Хан.

Многоярусное строение ряда оловянно-вольфрамовых россыпей Забайкалья (например, верховьев пади Заводской, в Шерловогорском узле), хотя и не имеющих пока точных возрастных датировок, также свидетельствует о многоэтапности их формирования. Все это заставляет пересмотреть имеющиеся в литературе представления о молодом, верхнечетвертичном возрасте россыпей ряда вольфрамоносных районов.

В значительной мере это касается и Центрального Казахстана, где получен обширный фактический материал о погребенных дочетвертичных эрозионных образованиях («К проблеме поисков...», 1975). Древние лога совершенно не выражены в современном рельефе и располагаются в бортах современных эрозионных форм, вызывая заметную их асимметрию. Возраст древнего ложкового аллювия, согласно последним данным, — миоценовый. В этой связи представляется обоснованной ревизия старых материалов по известным россыпным вольфрамоносным районам Центрального и Восточного Казахстана.

Разнообразие генетических типов вольфрамовых россыпей близко к оловоносным. Все россыпи локальные с преобладанием делювиально-аллювиальных преимущественно ложковых; значительная роль принадлежит россыпям элювиально-склоновой группы, представители которой имеются практически во всех вольфрамоносных районах. В Юго-Восточной Азии большое значение принадлежит россыпям, приуроченным к карстовым полостям.

В связи с ограниченной устойчивостью вольфрамита к механическим воздействиям при транспортировке в потоке содержания его в комплексных россыпях, по сравнению с питающими источниками, падают значительно быстрее, чем других полезных компонентов. Однако имеются примеры россыпей, в которых концентрация вольфрамита превышает содержание касситерита (Верхне-Ононский район МНР и др.).

Упомянутое выше наличие шеелита в прибрежно-озерных отложениях подтверждает генетическое разнообразие вольфрамовых россыпей.

Диапазон геоморфологических условий образования вольфрамовых россыпей довольно широк — от среднегорного рельефа (россыпи Чалбинской группы, Бом-Горхонский узел и др.) до денудационных равнин и мелкосопочника. Гораздо более важным фактором представляется соотношение долинной сети с рудоконтролирующими структурами, а в пределах рудных полей — особенности плана совмещения рудных тел и долин-коллекторов. При условии питания россыпей из нескольких коренных источников или боковых долин, совпадающих с рудоносными зонами, длина вольфрамитовых россыпей достигает 10 км и более.

Среди известных в СССР вольфрамоносных районов развития россыпей наиболее интересными являются Северо-Восток СССР и, вероятно, Прибайкалье. Подлежат ревизии также районы Центрального и Восточного Казахстана, Забайкалья и Дальнего Востока («К проблеме поисков...», 1975).

В целом континентальные россыпи, образующие последовательный генетический ряд, отличаются по своему строению, литологии, концентрации касситерита, вольфрамита и тантало-ниобатов, условиям залегания продуктивного пласта, положению относительно источников питания и другим особенностям, что определяется в каждом конкретном случае локальными факторами.

Как в пределах известных оловоносных орогенных поясов, так и в областях активизации консолидированных складчатых структур довольно отчетливо выделяются морфоструктуры с различным режимом неотектонических движений. Эти морфоструктурные области ограничиваются зонами разломов и подразделяются на более мелкие структуры и блоки, обладающие индивидуальными чертами развития, строения рельефа и соответственно особенностями литогенеза. В зависимости от тектонического режима, определяющего величину денудационного среза источников питания и направленность экзогенных процессов, обычно устанавливаются определенные закономерности строения и размещения россыпей в пределах частных морфоструктур.

Территории, пережившие равномерное и затухающее поднятие, характеризуются преобладанием неглубоко залегающих продуктивных пластов простого, реже двухъярусного строения.

Структуры, испытавшие тектонические движения переменного знака, представляют собой области развития сложных россыпей как в современных, так и в погребенных древних долинах.

Диапазон морфоструктурных условий крайне широк — от областей интенсивного воздымания, в целом неблагоприятных для россыпеобразования, до областей, характеризующихся глубоко погребенными продуктивными образованиями, залегающими нередко в долинах-грабенах.

Результаты работ, проведенных рядом исследователей, раскрывают многие особенности континентального литогенеза и россыпе-

образования не только в подвижных областях, но и в пределах платформ.

В частности, на Русской платформе (Н. М. Страхов, 1960) после ее консолидации отдельные регионы располагались в различных многократно изменявших свое положение климатических поясах. Не останавливаясь на особенностях палеогеографии палеозойского периода развития, отметим лишь, что во многих областях платформы широко сохранились отложения мезозоя, континентальные фации которых представлены корами выветривания и продуктами их переотложения, заключающими комплексные россыпи циркона, титановых и редкоземельных минералов. В палеогене и неогене россыпеобразование продолжалось преимущественно в южных частях платформ. Именно к этому времени относится формирование уже упоминавшихся россыпей олова и тантало-ниобатов по северо-западному обрамлению Украинского кристаллического щита и в Приазовье. Промежуточными коллекторами их явились сохранившиеся здесь коры выветривания.

В первом районе касситерит-колумбитовые россыпи приурочены к погребенным элементам допалеогенового рельефа, перекрытым флювиогляциальными четвертичными песками. В районе обрамления Приазовского массива продуктивными на касситерит-колумбитовые россыпи являются преимущественно горизонты каолиновых песков полтавской свиты, на других площадях — прибрежно-морские песчаные фации сармата.

Таким образом, в отличие от россыпей аллохтонной (региональной) группы для автохтонных россыпей характерно развитие в ближайшем обрамлении источников питания и формирование их обусловлено локальными геологическими и морфоструктурными особенностями эволюции рудоносных площадей.

В зависимости от проявления коренных источников тех или иных формационных и морфологических типов, различного сочетания древних эпох корообразования и современного криолитогенеза, совокупности морфоструктурных и геоморфологических условий формируются россыпи разнообразных генетических типов. В отличие от аллохтонных практический интерес представляют элювиальные, делювиальные (склоновые), делювиально-аллювиальные, аллювиальные и смешанные (переходные) разности, а при определенных условиях — флювиогляциальные, дельтовые, озерные и, в значительно меньшей степени, прибрежно-морские, которые характеризуются индивидуальными чертами формирования и строения.

Элювиальные россыпи (и остаточные) по своей конфигурации обычно наследуют контуры рудоносных образований субстрата и формируются преимущественно в регионах с относительно стабильным тектоническим режимом или испытывающих тенденцию к умеренному воздыманию (плоские водоразделы, междуречья).

Роль элювиальных россыпей заключается не только в их промышленном значении для отдельных минеральных видов (пиро-

хлор, танталит, иногда касситерит, вольфрамит и др.), но и в формировании россыпей последующих стадий литогенеза.

В пределах отдельных морфоструктурных областей при дифференцированном неотектоническом развитии россыпи, сформированные даже из аналогичных типов коренных источников, отличаются по своему строению, масштабам и концентрации рудных минералов. При этом важнейшая роль принадлежит условиям высвобождения полезных компонентов, которые благоприятствуют образованию россыпей и при относительно низкой дифференциации материала как в фациях склоновых отложений, так и слабо переработанного аллювия верховьев долин.

Характер высвобождения рудных минералов и тип элювия зависят не только от климатических и морфоструктурных условий региона. Разнообразие их в значительной степени определяется формационным типом источников питания, литологией и текстурно-структурными особенностями оруденелых и вмещающих пород. Так, в близкой геолого-геоморфологической обстановке по гранитам и грейzenам развивается дресвянистый элювий, а в известняках формируются карстовые полости; дайки окварцованных мелкокристаллических пород и роговики создают крупноглыбовые поля (курумы), зоны дробления и интенсивной трещиноватости сопровождаются глинистым элювием.

В криогенных условиях в зависимости от формационной принадлежности источников питания степень дезинтеграции в них рудных минералов колеблется в значительных пределах, что в первую очередь определяется характером зоны окисления (Шило, Павлов, 1965 г.). В частности, на месторождениях касситеритокварцевой формации с наложенной сульфидной минерализацией характерным примером которых являются Пыркакайские штокверки (Северо-Восток СССР), касситерит на глубинах до 60—70 м находится практически в «свободном» состоянии. Этому способствует повышенная концентрация серной кислоты в водах, циркулирующих по зонам трещиноватости (Гурвич, Драбкин и др., 1969 г.). В подобных криогенных условиях мобилизации рудного вещества интенсивность россынеобразования будет определяться величиной денудационного среза и положением долины-локализатора.

В субэкваториальной зоне в зависимости от климатических условий формируются коры выветривания различного типа. В жарком и влажном климате образуются мощные каолиновые и латеритные коры выветривания с предельно высоким высвобождением устойчивых рудных минералов.

Для жаркого сухого климата характерны кремнеземистые, карбонатные, гипсовые и сульфатно-хлоридные коры. Развитие их в различных районах СССР определялось положением климатических поясов в предшествующие геологические эпохи и в значительной степени влияло на формирование древних россыпей.

Особенности дезинтеграции тантало-ниобатов и касситерита в значительной степени влияют на последующий процесс россы-

пеобразования, что определяется соотношением «свободных» минералов, их сростков или вкрапленностью в рудной массе.

В ряде россыпей Чукотки и Якутии известны примеры, когда крупные кристаллы касситерита, свойственные месторождениям касситерит-кварцевой формации, высвобожденные из вмещающей рудной массы в элювиальной стадии (благодаря наличию сульфидов), в процессе дальнейшего переотложения подвергаются более значительному измельчению и истиранию по сравнению с касситеритом мелких фракций (касситерито-силикатно-сульфидной формации), консервирующимся в вязкой турмалиновой или хлоритовой массе. В этом случае он сохраняется в аллювии в виде рудных галек, способствуя образованию более протяженных россыпей, где наряду с касситеритом мелких фракций присутствует переменное количество «самородков» и вниз по долине увеличивается относительное содержание крупных классов касситерита.

Характер литогенеза в элювиальную стадию россыпеобразования во многом определяется также морфологическим типом коренного источника. Наиболее благоприятные условия создаются при большой площади эродируемых рудоносных образований — штокверки, минерализованные зоны, поля грейзенизированных пород, массивы карбонатитов и т. п.

Несмотря на более низкое содержание полезных компонентов в таких образованиях по сравнению с жильными рудными месторождениями, они отличаются значительными суммарными запасами, благодаря чему представляют наиболее благоприятные источники питания россыпей последующих стадий литогенеза.

В отличие от россыпей других генетических типов для элювиальных (остаточных) характерно отсутствие сортировки материала, за исключением «просадки» рудных минералов за счет механического выноса или выщелачивания вмещающей среды. Однако значительная дезинтеграция полезных компонентов способствует высокой эффективности освоения элювиальных россыпей, в связи с чем они являются в ряде регионов мира важнейшим источником получения концентратов — оловянных (зоны окисления, карсты) и тантало-ниобиевых (карбонатиты, пегматиты).

Делювиальные россыпи также отличаются слабой, но более совершенной сортировкой материала и обычно связаны постепенными переходами с элювиальными, образуя смешанный ряд склоновых россыпей, относительно широко распространенный во многих районах СССР и зарубежных стран.

Для них характерно залегание на склонах или непосредственно у их подножий, где они иногда образуют коллювиальные продуктивные шлейфы значительной мощности, но также с весьма неравномерным распределением полезных компонентов. Переход материала из элювиальной стадии в делювиальную происходит под непосредственным воздействием как атмосферных осадков, так и талых вод. На крутых склонах, где снос опережает дезинтеграцию, элювиально-делювиальные отложения характеризуются крупнообломочным, щебнистым материалом, в связи с чем высвобожде-

ние рудных минералов в значительной степени происходит в последующие стадии россыпеобразования. Исключением являются те области, где интенсивному воздыманию предшествовал период длительной стабилизации с развитием кор химического выветривания.

В условиях криогенного литогенеза важнейшая роль в формировании делювиальных россыпей принадлежит солифлюкционным процессам, детальная характеристика которых приведена в ряде работ Н. А. Шило, Ф. Р. Апельцина, И. П. Карташова, Г. Ф. Павлова, И. С. Рожкова, Ю. Г. Симонова, В. С. Трофимова, Е. В. Шанцера и др.

Солифлюкционные процессы, вызывающие смещение продуктивного материала по поверхности мерзлых пород, протекают довольно интенсивно даже на склонах незначительной крутизны, в результате чего иногда теряется непосредственная связь продуктивных отложений с коренными питающими источниками.

Учитывая широкое развитие солифлюкционных процессов, которым сопутствуют делювиальный смыв и гравитационная сортировка материала, эти россыпи представляют собой образования сложного генезиса. Если подходить со строго генетических позиций, то в районах криогенного литогенеза такие россыпи следовало бы считать делювиально-солифлюкционными, а учитывая комплексный характер денудационных процессов, протекающих на склоне, и фациальное разнообразие создаваемых ими отложений, как справедливо указывают Ю. Г. Симонов и Н. Г. Патык-Кара («Проблемы...», 1970), целесообразно их именовать склоновыми.

В целом такие россыпи отличаются довольно сложной конфигурацией пласта и неравномерным распределением касситерита и тантало-ниобатов. Концентрация их обычно в значительной степени зависит от принадлежности источников питания к тем или иным формационным и морфологическим типам, а также от положения рудоносных образований в рельефе. Наиболее благоприятные условия для формирования крупных склоновых россыпей создаются при вскрытии пологозалегающих рудных тел по их простирацию (рудные зоны, пегматиты), что ограничивает участие в россыпеобразовании «пустых» вмещающих пород.

Распределение полезных компонентов в разрезе склоновых отложений в общем случае определяется их гранулометрией. Для сильно дезинтегрированного глинистого материала характерно распределение полезных компонентов по всей толще, особенно на пологих склонах. При крупноглыбовом, щебнистом делювии происходит более четкая дифференциация материала с тенденцией к обогащению нижнего горизонта.

Принципиально иными чертами литологии и строения продуктивных отложений обладают россыпи так называемого аллювиально-делювиального генезиса, характерные для «террасированных» долин. Хотя по условиям залегания они являются склоновыми, формирование их связано с переотложением более древних аллювиальных продуктивных образований за счет делювиального

перемещения залегающих гипсометрически выше террасовых россыпей. Среди известных случаев такого типа оловоносных отложений наиболее характерные примеры относятся к правобережью р. Кайны (Чукотка) и Тип-Тук (СРВ).

Делювиально-аллювиальные россыпи развиты во многих регионах как самостоятельный (смешанный) тип и обычно приурочены к мелким водотокам (I—III порядка). Продуктивной чаще является вся толща плохо сортированных щебнистых суглинков и супесей, имеющих много общих черт со склоновыми отложениями, но резко различающихся по текстуре благодаря эпизодическому воздействию водных потоков. Изредка наблюдается отчетливая сортировка материала, иногда обогащение нижней части пласта касситеритом или тантало-ниобатами и проникновение их в плотик. Часто в разрезе продуктивных отложений отмечаются два пласта. Характерно наличие обогащенных участков и незначительных по протяженности, но весьма богатых линзующихся струй, главным образом в устьевых частях мелких притоков, размывающих непосредственно коренные источники или продукты их выветривания. Типичные делювиально-аллювиальные россыпи развиты в Якутии (Павла-Чохчюра, Верного и др.), на Чукотке (бассейны рек Млелювеем, Гыргычан, Пегтымель и др.), в Забайкалье (Шерловая гора и др.), на Урале (Светлинское), Украине (Перга) и в других районах.

В большинстве случаев в их продольном разрезе прослеживается непосредственный переход от делювиальной к аллювиальной стадии. Протяженность такого типа россыпей обычно не превышает длины лога (1,5—2,5 км), но часто они характеризуются значительной мощностью продуктивного пласта (до 15—20 м), что наиболее отчетливо наблюдается при размыве крупных (по площади) рудоносных образований (граниты, карбонатиты). В зависимости от уклона плотика, изменения поперечного профиля лога и положения его относительно дренируемого источника питания вдоль россыпей отмечаются резкие колебания гранулометрического состава вмещающих отложений, размерности и концентрации рудных минералов. Более усредненный состав материала отмечается в древних образованиях, сформированных за счет переотложения продуктов кор химического выветривания.

Примыкающими к этому смешанному типу являются пролювиальные россыпи, обычно представляющие собой конусы выноса, чаще долин низких порядков. Они отличаются слабой окатанностью и сортировкой материала при весьма неравномерном распределении рудных минералов. В отличие от собственно делювиально-аллювиальных россыпей, представляющих в мировой практике большое промышленное значение (россыпи пирохлора, танталита, колумбита, вольфрамита, касситерита), пролювиальные лишь в единичных случаях имеют практический интерес.

Аллювиальные россыпи пользуются наиболее широким распространением и имеют промышленное значение в большинстве рудных районов мира. Не рассматривая здесь общих во-

просов аллювиального россыпеобразования, основные аспекты которых изложены в известных трудах Ю. А. Билибина, И. П. Карташова, О. Д. Левицкого, И. С. Рожкова, В. С. Трофимова, Н. А. Шило и других исследователей, отметим лишь, что аллювиальные россыпи отличаются широким возрастным диапазоном и значительным разнообразием строения, условий залегания, морфологии пластов и перекрывающих отложений, разнородностью и многостадийностью формирования продуктивной толщи. Такое разнообразие обусловлено в первую очередь локальными условиями развития морфоструктур, определяющих приуроченность россыпей к разнопорядковым (II—V) долинам. По мере увеличения порядка долины обычно возрастает степень переотложения продуктивного материала и значительно снижается «видимая» связь с источниками питания. Особенно заметно это отражается в долинах, приуроченных к морфоструктурным областям интенсивного воздымания, где преобладают русловые (стадии врезания), часто струйчатые невыдержанные россыпи. Для областей стабильного режима или испытывающих тенденцию к умеренному воздыманию характерны крупные, часто многопластовые разновозрастные россыпи. Обычно они приурочены к широким пологосклонным долинам с развитыми в их пределах древними тальвегами и террасоувалами. Продуктивные отложения в этом случае характеризуются значительной мощностью и часто несут следы переотложения кор химического выветривания.

В зависимости от минерального вида полезного компонента для россыпей этого типа характерна иногда значительная протяженность (до 8—12 км) и ширина (0,5—1 км). Поскольку образование аллювиальных россыпей происходит в итоге длительного формирования и нередко многократного переотложения продуктов денудации, они отличаются хорошей сортировкой материала. Однако в зависимости от особенностей флювиального процесса даже в пределах долин одного и того же порядка отложения могут изменяться от валунно-галечно-гравийных фаций до мелкозернистых песчаных и глинистых. Характер их во многом зависит от режима водного потока, продольного и поперечного профилей долины и других факторов, определяющих появление богатых струй, формирование продуктивного пласта и проsadку рудных минералов в плотике.

Положение обогащенного горизонта в продольном профиле долины в значительной степени определяется ее уклоном. В частности, расчеты, проведенные нами по 70 участкам оловоносных аллювиальных россыпей Центральной Чукотки, приуроченным к долинам различных порядков, показали следующие усредненные значения оптимальных уклонов (Гурвич, Терентьев и др., 1970 г.): долины II порядка — 0,0754; долины III порядка — 0,0308; долины IV порядка — 0,0159; долины V порядка — 0,0124.

При значительных уклонах плотика, обычно характерных для узких каньонообразных долин, затруднена аккумуляция продуктивного материала.

Это положение наиболее четко было сформулировано О. Д. Левицким (1947): «Укажем для примера Сохондинское олово-вольфрамовое месторождение, расположенное на одном из крутых бортов типичной каньонообразной долины р. Лево́й Береи. Несмотря на интенсивное разрушение коренного месторождения и большой объем поступающей в долину рудной массы, аллювиальная россыпь здесь практически отсутствует, так как отсутствуют условия для накопления аллювиальных отложений. Отметим также ничтожное развитие россыпей в связи с оловоносными пегматитами Туркестанского хребта (Тамынгенское и другие месторождения) с его глубоко врезынными крутыми долинами горных потоков. Как пример неизмеримо большего масштаба можно указать оловоносную провинцию Южной Боливии, где сравнительно малая роль россыпей обусловлена не только неблагоприятным типом коренного оруденения, но, возможно даже в большей мере, и неблагоприятными геоморфологическими условиями высокогорной страны».

Среди известных в СССР и за рубежом подтипов аллювиальных россыпей касситерита и тантало-ниобатов — русловых, косовых, пойменных и террасовых — основная роль принадлежит россыпям, залегающим в аллювии пойменного уровня.

Для пойменных (долинных) россыпей характерна выдержанность продуктивного пласта, приуроченного чаще к приплотиковой части аллювия. Плотиком россыпей касситерита и вольфрамита обычно являются алевролиты, глинистые сланцы и песчаники, реже известняки и гранитоиды, а россыпей тантало-ниобатов — как рудоносные образования субстрата (гранитоиды, карбонаты, пегматиты), так и вмещающие их породы. Верхняя разрушенная часть плотика отличается иногда высокой концентрацией рудных минералов, составляющей при этом значительную долю от их суммарных запасов. Нижняя и верхняя границы пласта в общих чертах часто повторяют рельеф плотика. В других случаях наблюдаются раздувы и пережимы. Заметное повышение содержания рудных минералов отмечается на выположенных отрезках долин, обычно при их расширении. Обогащенные участки и струи приурочены, как правило, к выносам в основную долину отложений боковых притоков или к местам пересечения руслом минерализованных зон.

В целом долинные россыпи отличаются хорошей сортировкой материала, выдержанностью по простиранию, ширине и мощности и приуроченностью продуктивных отложений к пойменной части хорошо разработанных долин.

Многостадийность развития долины обычно приводит к образованию нескольких пластов или их размыву и, как следствие, неравномерному обогащению рудными минералами аллювиальных отложений по всему разрезу. При подъеме субстрата происходит переотложение материала на гипсометрически более низкий уровень и возникновение террасовых россыпей. Это относится ко многим складчатым поясам и областям консолидированных структур, в

пределах которых тектоническая активизация сопровождалась усилением эрозионно-денудационных процессов. В генерализованной схеме все это приводило к переуглублению долинной сети и обновлению экспозиции склонов междуречий, что способствовало интенсивному размыву не только коренных источников, но и ранее сформированных продуктивных отложений.

При развитии кор химического выветривания, предшествовавших россыпеобразованию, определение связи аллювиальных россыпей с конкретными коренными источниками и оценка предполагаемой протяженности пути переноса рудных минералов представляет обычно более сложную задачу. Хорошо известно, что в глинистой среде не только касситерит или тантало-ниобаты, но практически все рудные минералы (особенно мелких классов) истираются значительно медленнее и соответственно выдерживают многократное переотложение и более дальнюю транспортировку по сравнению с условиями миграции в гравийно-галечном аллювии.

В связи с этим понятие о максимальной дальности транспортировки касситерита и тантало-ниобатов для древних россыпей носит весьма условный характер, поскольку не всегда отмечается их прямая связь с конкретными коренными источниками. Чаше формирование наиболее богатых и протяженных россыпей связано несколькими источниками питания, в том числе нередко дренируемым в плотике. В этих случаях, когда элементы гидросети непосредственно совмещены с рудоносными штокверковыми или минерализованными зонами, крупными пегматитовыми телами или другими морфологически подобными образованиями, формируются наиболее богатые аллювиальные россыпи.

Поэтому в рудных районах на площадях, благоприятных в геолого-структурном отношении для локализации эндогенного оруденения, «отсутствие» концентрированных коренных источников (богатых месторождений) не может служить критерием бесперспективности этих площадей в отношении древних россыпей. Нередко выяснение этого вопроса еще усложняется тем, что даже при незначительной мощности торфов непосредственно над продуктивными отложениями отсутствуют шлиховые ореолы (Западная россыпь на мысе Биллингса, россыпь руч. Крайнего хребта Полоусного, погребенные россыпи Воьлини и др.).

Вместе с тем некоторые россыпи иногда ошибочно «привязываются» лишь к известным пока коренным проявлениям, приуроченным к обнаженным участкам современного рельефа. Однако при проведении дальнейших исследований выясняется их незначительная роль по сравнению с перекрытыми источниками.

Более сложная картина наблюдается в тех районах, где россыпеобразование связано с ледниковой деятельностью. Перемещение значительных масс продуктивного материала и его флювиогляциальная переработка, хотя и не обеспечивают хорошей сортировки, но создают иногда благоприятные условия формирования

россыпей касситерита (Чукотка), танталита (Казахстан), лопарита (Русская платформа) и др.

Прибрежные россыпи (морские, озерные) касситерита и тантало-ниобатов по сравнению с редкометалльно-титановыми (региональными, аллохтонными) имеют ограниченное развитие, поскольку они обычно формируются в ближайшем ореоле питающих источников. Вместе с тем эндогенная и россыпная оловоносность и танталоносность проявлены в районах, примыкающих к внутриконтинентальным бассейнам, а также к акваториям северных и дальневосточных морей. Не останавливаясь здесь на общих закономерностях формирования продуктивных отложений в прибрежных условиях (см. главу V), отметим лишь, что отдельные районы СССР отличаются некоторыми перспективами на выявление россыпей этого типа.

Достаточно сказать, что только на территории Северо-Востока СССР прибрежная зона морей Лаптевых, Восточно-Сибирского, Чукотского, Берингова и Охотского имеет значительную протяженность и на этом отрезке пересекает многие рудоносные структуры. Различные аспекты проблемы прибрежных россыпей касситерита и редкометалльных минералов северных морей отражены в работах К. С. Агеева, С. И. Андреева, В. Г. Беспалого, Г. Ф. Павлова и В. Л. Сухорослова, С. Е. Сакса и Л. Е. Смолдырева, В. Г. Ульста («Проблемы...», 1970), П. В. Бабкина, И. Б. Флерова и Ю. В. Прусса (1973), В. П. Воробьева и Р. П. Крапивнера (1974), С. И. Гурвича, С. Ф. Лугова и др. («Перспективы...», 1969), А. Б. Каждана, Л. П. Кашеева и П. И. Кушнарера (1974), С. В. Тихомирова (1974), К. В. Яблокова (1970 г.) и в других публикациях.

Некоторый интерес представляет оловоносность прибрежной зоны моря Лаптевых, связанная с рудоносными зонами, секущими структуры Алазейско-Олойской складчатой системы. Здесь известны площади с повышенной концентрацией касситерита в континентальных и прибрежно-морских осадках побережья Селляхской губы, Чокурдахского залива, на полуострове Ширкостан, мысе Святой Нос, на Ляховских островах. Одним из благоприятных факторов образования здесь россыпей явилось предшествовавшее развитие кор химического выветривания. В частности, в пределах Ванькиной Губы реликты их установлены непосредственно по рудоносным турмалинизированным образованиям, приуроченным к тектонической зоне, а оловоносные продукты переотложения кор зафиксированы также в склоновых и пляжевых образованиях.

Еще протяженнее прибрежная область Чукотки, пересекающая ряд оловорудных районов и зон (Чаунская, Биллингская, Амгуэмская, Ичаткинская), в пределах которой установлены небольшие россыпи и отдельные ореолы касситерита (см. главу III). В частности, вблизи мыса Биллингса известна пляжевая россыпь. Здесь же установлены повышенные концентрации олова в отложениях лагунного пояса, залегающих на разных гипсометрических уровнях (от  $-14$  до  $+16$  м) и характеризующихся неравномерным

струйчатым распределением касситерита («Новые данные...», 1975).

Побережье Берингова моря пересекают структуры Охотско-Чукотского вулканогенного пояса, Корякско-Камчатской складчатой области, интрузивы Восточно-Чукотского массива, для которых характерно развитие оловянного и редкометального оруденения. Отдельные структуры прослеживаются на подводном склоне. Несколько повышенные содержания касситерита установлены на полуострове Амгень, в устье р. Пийнкун, на береговом склоне залива Креста, в отложениях пляжа косы Уловка и др.

Некоторыми предпосылками на выявление россыпей отличается также береговая зона Охотского моря.

Формирование ореолов касситерита в прибрежно-морских отложениях северо-восточных и восточных районов СССР происходило в результате сложного взаимодействия суши и моря, неоднократно менявшегося в течение кайнозоя. С конца позднего мела до начала миоцена на фоне замедленных тектонических движений здесь формировались обширные поверхности выравнивания и мощные коры выветривания каолинового типа (Валпетер, Лебедев, 1966). Реликты их известны во многих районах побережья Чукотского и Охотского морей.

Продолжительная эпоха выравнивания и корообразования в конце миоцена — начале плиоцена была прервана активизацией тектонических движений (Резанов, 1964) с переотложением продуктов кор. В верхнем плиоцене и первой половине эоплейстоцена ослабление тектонических движений обусловило формирование локальных поверхностей выравнивания. В связи с этим перспективы выявления на Северо-Востоке прибрежно-морских оловоносных и редкометальных россыпей обязаны не только современным процессам литогенеза, но, главным образом, древним эпохам корообразования (Гурвич, Казаринов, Хмара, 1964). Поэтому, в первую очередь, поиски россыпей собственно прибрежно-морского генезиса следует проводить вдоль древних прибрежных зон в непосредственном обрамлении рудоносных структур.

Четвертичный период характеризуется наибольшей интенсивностью вертикальных движений блокового типа с существенной перестройкой рельефа и рисунка гидросети. Продукты коры выветривания были неоднократно переотложены и частично выносились в прибрежную зону. Кроме того, в позднем кайнозое здесь развивались неоднократные оледенения, доставлявшие в прибрежную зону значительные массы обломочного материала, подвергавшегося переработке последующими трансгрессиями («Проблемы...», 1970).

Установлено, что современного уровня мировой океан достиг лишь около 5—3 тыс. лет тому назад, а 20—17 тыс. лет назад уровень его находился на 120—125 м ниже современного (Карей, 1968). В результате этого значительная часть арктических шельфов находилась в субаэральных условиях; развивались процессы

речной эрозии и аккумуляции с последующим захоронением аллювиальных россыпей (Беспалый, Павлов, Сухорослов, 1970 г.).

Так, в пределах Чаунской губы прослежены речные долины, представляющие собой затопленное продолжение современной речной сети. Проведенный Ю. С. Масловым (1974) анализ особенностей конфигурации этого водоема, преобладающего направления ветров и характера чередования различных типов берега (абразионного, абразионно-аккумулятивного, абразионно-солифлюкционного, аккумулятивного и др.) позволил наметить ему несколько направлений перемещения наносов и концентрации продуктивных осадков.

Интересно, что известные пока находки россыпей касситерита прибрежно-морского типа приурочены к акватории и прибрежным зонам арктических морей. Этот регион, являясь составной частью Тихоокеанского рудного пояса, по составу известных здесь оловорудных формаций имеет много общих черт с другими оловоносными областями мезозойской складчатости, развитыми в субэкваториальной зоне этого пояса. Отмечается известное сходство с коренными месторождениями олова Малайской провинции (Малаккского полуострова, Зондских островов, Южной Бирмы), где наряду с оловоносными континентальными отложениями различных типов развиты прибрежно-морские и дельтовые россыпи касситерита, формированию которых способствует развитие современных кор химического выветривания. Учитывая, что в предшествующее геологическое время аналогичные климатические условия существовали в арктических и более южных прибрежных районах Советского сектора Тихоокеанского пояса, основные перспективы выявления здесь россыпей связаны, по нашему мнению, с древними прибрежно-морскими и затопленными делювиально-аллювиальными образованиями («Перспективы выявления...», 1969).

Следует также учитывать, что непосредственно на побережье Северных и Дальневосточных морей известны многочисленные коренные проявления и месторождения касситерита, иногда с сопутствующими тантало-ниобатами, приуроченными к долинам водотоков, непосредственно впадающих в море и выносящих продуктивный материал в береговую зону. Дополнительное поступление полезных компонентов в морские бассейны происходит за счет непосредственной морской абразии рудоносных структур.

Поскольку рассматриваемые районы отличаются индивидуальными чертами геологической истории, металлогении, гидродинамического режима в пределах прибрежной суши и прилегающих акваторий, для каждого из них необходим дифференцированный подход к прогнозной оценке различных генетических типов россыпей. Так, для Северо-Востока СССР П. В. Бабкин, И. Б. Флеров и Ю. В. Прусс (1973) к наиболее перспективным относят аллювиальные россыпи затопленных речных долин позднеэоценового и раннечетвертичного возраста, в разной степени связанные с гидросетью суши. Следующим по значению типом, по их мнению, могут служить пляжевые и абразионные россыпи, сформированные мор-

скими трансгрессиями в период начальных этапов неотектонической активизации (неоген — ранний плейстоцен) путем перемиыва продуктивных кор выветривания и аллювиальных россыпей того же этапа. Меньшая роль принадлежит литоральным (голоценовым) россыпям, сформированным за счет различных промежуточных коллекторов, а также россыпям, локализуемым в непосредственной близости от коренных проявлений и месторождений.

В зависимости от металлогенических особенностей тех или иных площадей соответственно наблюдаются изменения в минеральном составе россыпей. Не касаясь многочисленных зарубежных примеров, отметим, что в пляжевых отложениях Карского моря установлен колумбит, а в оловоносных образованиях пролива Лонга — лопарит, эвксенит и колумбит («Новые данные...», 1975). В северо-западном Приохотье намечаются перспективы выявления в отложениях современной береговой линии оранжита и тантало-ниобатов (Денисов, 1974). В Приазовье установлена прибрежно-морская россыпь колумбита в сарматских отложениях, обрамляющих массив метасоматически измененных гранитов (Гурвич, Болотов, 1968; «Рудоносные коры выветривания...», 1974).

Прибрежно-озерные россыпи касситерита и тантало-ниобатов, краткая характеристика которых приведена в соответствующих главах второй части, отличаются близкими условиями формирования с прибрежно-морскими россыпями. Типичными их особенностями являются высокая степень дифференциации материала и постепенное уменьшение его крупности от зоны пляжа к глубоководной части водоема с изменением слоистости — от перекрестной до горизонтальной, нередко с тончайшими прослоями естественных шлихов, подчеркивающих текстурный рисунок осадков. Соотношение устойчивых, промежуточных и неустойчивых минералов в озерных отложениях полностью определяется характером континентального литогенеза (коры выветривания или криолитогенез).

Среди оловоносных россыпей этого типа наиболее характерная известна в котловине оз. Баки (Якутия), где формированию продуктивных отложений из слабоминерализованных пород субстрата предшествовало развитие кор химического выветривания. Это обеспечило также присутствие повышенных концентраций касситерита и вольфрамита в древних озерных отложениях, развитых по обрамлению Омчикандинского гранитного массива. Значительные перспективы выявления древних, в том числе озерных, россыпей касситерита намечаются в Казахстане («Проблемы...», 1970). Большое значение приобретают находки в прибрежно-озерных отложениях одного из районов Сибири повышенных содержаний шеллита, связанных с размывом коры выветривания шеелитоносных скарнов.

Что касается собственно редкометальных россыпей, то среди рассмотренных выше примеров несомненный интерес представляют озерные россыпи лопарита, развитые в ореолах центральных интрузий щелочных пород, где также установлены реликты древних кор

химического выветривания (Сидоренко, 1958, 1959; «Геология россыпей», 1965). Заслуживает упоминания также россыпь пирохлора в отложениях озерной котловины, совмещенной с одним из карбонатитовых массивов Сибири.

Таким образом, касситерит, вольфрамит и тантало-ниобаты образуют в ближайшем обрамлении источников питания россыпи практически всех генетических типов. При этом для россыпей различных минеральных видов характерны определенные формационные типы коренных источников. Эти отличительные черты локальных (автохтонных) россыпей определяют среди них ведущее промышленное значение продуктивных отложений континентального ряда, что в известной степени противопоставляет их аллохтонным (региональным) россыпям, в которых основные запасы редкометальных и титановых минералов сосредоточены в прибрежно-морских фациях.

Возможности формирования россыпей тех или иных генетических типов определяются в каждом регионе своими локальными геолого-геоморфологическими факторами. Но в значительной степени это зависит от устойчивости минералов в процессах дезинтеграции исходных пород, транспортировки и многократного переотложения. Одни и те же минералы характеризуются различной миграционной способностью в зависимости от исходной размерности зерен, наличия сростков, режима водного потока, литологии отложений и других россыпеобразующих факторов.

В общем случае для россыпей автохтонной (локальной) группы характерен следующий ряд устойчивости основных минералов, по мере их удаления от источников питания: гатчеттолит — микролит — пирохлор — колумбитизированный пирохлор — танталит — вольфрамит-шеелит — колумбит — поликраз — касситерит — самарскит — фергюсонит — лопарит — эвксенит.

На территории СССР хорошо известны основные провинции развития редкометальных и оловоносных россыпей, характеристика которых приведена в ряде работ Ф. Р. Апельцина, А. С. Бабкина, Л. З. Быховского, А. И. Гинзбурга, С. И. Гурвича, Б. Н. Ерофеева, А. И. Зарицкого, Г. Б. Жилинского, Л. Н. Казаринова, И. П. Карташова, А. И. Лисицына, С. Ф. Лугова, М. П. Материкова, И. Я. Некрасова, Г. В. Нестеренко, Г. Ф. Павлова, Н. Г. Патык-Кара, Е. А. Радкевич, В. И. Смирнова, Ю. Г. Симонова, Н. А. Солодова, Л. В. Спорыхиной, В. Б. Терентьева, В. Г. Ульста, А. Я. Хатунцевой, В. К. Чайковского, Е. Т. Шаталова, Н. А. Шило, М. Д. Эльянова и других авторов.

Несомненно, что для каждой провинции существует особый подход к решению задач дальнейших исследований, прогнозирования и поисков. Это обусловлено, прежде всего, не только различными геолого-геоморфологическими условиями, но и значительным разнообразием формационных типов коренных источников и соответственно индивидуальными особенностями мобилизации полезных компонентов даже в близкой ландшафтной и климатической обстановке.

Основные полезные компоненты	Минеральные виды россыпей	Формационный тип коренного источника	Геологическая позиция
Цирконий и редкие земли	Ксенотим-монацит-цирконовые	Граниты, нефелиновые и щелочные сиениты, гнейсы, мигматиты	Разновозрастные гранитоиды и гнейсы с аксессуарными минералами в платформенных и консолидированных складчатых областях (при условии развития кор химического выветривания)
	Бадделентовые	Фойяиты и феолиты	Зоны активизации древних щитов в связи с глубинными разломами
	Бастнезитовые (паризитовые)	Гидротермальные барит-карбонатные образования	Зоны активизации древних консолидированных структур
Олово и вольфрам	Касситеритовые	Касситерит-силикатно-сульфидное оруденение	Наложенные прогибы и посторогенные разломы областей орогенной активизации с малыми интрузиями и вулканоплутоническими комплексами
	Вольфрамит-касситеритовые	Касситерит-вольфрамит-кварцевое оруденение	Раннеорогенные поднятия вторичных геосинклиналей с терригенными комплексами и кислыми гранитоидами
	Шеелит-касситеритовые	Касситерит-шеелитоносные скарны	То же, с терригенно-карбонатными формациями
	Шеелитовые	Шеелитовые скарны; кварц-шеелитовые штокверки	Раннеорогенные поднятия и активизированные геантиклинальные структуры в полициклических подвижных поясах с карбонатными осадочно-метаморфогенными формациями
	Вольфрамитовые	Вольфрамит-кварцевое грейзеновое оруденение	Сводовые послеорогенные поднятия с ультракислым гранитообразованием в алюмосиликатных средах
	Золото-шеелитовые	Кварцевые метасоматиты	Активизированные структуры с метаморфическим комплексом вулканитов в полициклических подвижных поясах

Характерные попутные минералы россыпей	Промышленное значение россыпей различных генетических типов		
	Элювиальные (остаточные), элювиально-склоновые	Делювиально-аллювиальные, пролювиальные, аллювиальные, флювиогляциальные	Прибрежно-морские и озерные
Ильменит, лейкоксен, рутил, хромит, кианит, силлиманит, реже золото, алмазы	Бедные россыпи с ограниченными запасами небольшого практического значения, преимущественно речных долин		Важнейший источник получения циркониевых и редкоземельных концентратов
Циркелит, эвдиалит, циркон, перовскит	Редко встречаемые россыпи важного промышленного значения		Промышленные россыпи неизвестны
Барит, магнетит, монацит	Россыпи средних масштабов	Минералы не сохраняются	
Магнетит, турмалин, реже топаз, апатит  Висмутин, тантало-ниобаты, иногда берилл	Крупные россыпи	Крупные россыпи (в долинах II—V порядков)	Прибрежно-морские и озерные россыпи различных масштабов вблизи источников сноса; переложенные континентальные
Золото	Мелкие россыпи		Минералы плохо сохраняются
Касситерит, золото	Россыпи средних масштабов (в долинах I—III порядков)		
Висмутин, тантало-ниобаты			
Висмутин	Мелкие россыпи (в долинах I—III порядков)		

Основные полезные компоненты	Минеральные виды россыпей	Формационный тип коренного источника	Геологическая позиция
Тантал и ниобий	Колумбитовые	Биотитовые и рибекитовые колумбитоносные граниты	Активизированные структуры древних платформ, включая перекрывающий чехол
		Альбитизированные щелочные граниты	
		Кварц-полевошпатовые жилы в ореолах щелочных сиенитов	
Танталитовые, танталит-колумбитовые и микролитовые	Танталитовые, танталит-колумбитовые и микролитовые	Альбитовые, альбит-сподуменовые, альбит-сподумен-лепидолитовые гранитные пегматиты	Зоны геоантиклинального развития подвижных поясов
		Литий-фтористые граниты (часто амазонитовые)	
Эвксенитовые (фергусонитовые)	Эвксенитовые (фергусонитовые)	Измененные граниты, кварцевые диориты	То же
Пирохлоровые и пирохлор-колумбитовые	Пирохлоровые и пирохлор-колумбитовые	Рибекитовые граниты и альбититы по щелочным сиенитам и гранитам	Зоны активизированных платформ, срединных массивов и складчатых областей
		Карбонатиты	
		Пегматиты, генетически связанные с сиенитами и нефелиновыми сиенитами	Зоны активизации древних щитов в связи с глубинными разломами

Характерные попутные минералы россыпей	Промышленное значение россыпей различных генетических типов		
	Элювиальные (остаточные), элювиально-склоновые	Делювиально-аллювиальные, пролювиальные, аллювиальные, флювиогляциальные	Прибрежно-морские и озерные
Касситерит, циркон	Широко распространенные россыпи; важнейший источник получения ниобиевых концентратов		Возможно выявление россыпей вблизи источников сноса
Малакон, циртолит, циркон	Россыпи средних масштабов, возможны крупные (в долинах II—III порядков)		
Ксенотим, монацит, ильменорутит	Практического значения не имеют	Мелкие россыпи	
Касситерит	Россыпи средних масштабов; основной источник получения танталовых концентратов (в аллювии микролит не сохраняется)		
Монацит, фергусонит, эксенит, реже касситерит	Средние, возможны крупные россыпи		
Самарскит, монацит, реже колумбит	Крупные россыпи (в долинах II—IV порядков)		
Приорит, поликраз, малакон, самарскит, ксенотим, флюорит, криолит	Крупные россыпи	Крупные россыпи (в долинах I—II порядков)	
Титаномагнетит, магнетит, апатит, циркон, циртолит, бадделит			
Ильменорутит, циркон, ильменит	Мелкие россыпи	Практического значения не имеют	

Основные полезные компоненты	Минеральные виды россыпей	Формационный тип коренного источника	Геологическая позиция
Тантал и ниобий	Лопаритовые	Сложнодифференцированные агапитовые нефелиновые сниты (луявриты — фойяиты — уртиты)	Зоны активизации древних щитов в связи с глубинными разломами

Вместе с тем представляется возможность сформулировать некоторые общие черты условий россыпеобразования, характерные для автохтонных (локальных) россыпей.

1. Россыпи касситерита, вольфрамита и различных тантало-ниобатов формируются вблизи источников питания, так как эти полезные компоненты не выдерживают длительной транспортировки и многократного переотложения, но отличаются различной миграционной способностью. В связи с этим для каждого минерального вида характерны ведущие генетические типы россыпей и, как показывает мировой опыт их освоения, они характеризуются различным промышленным значением (табл. 8).

Весьма благоприятные условия формирования россыпей создаются при локализации эндогенного оруденения в пределах наследуемых гидросетью разломов и зон интенсивной трещиноватости или массивов минерализованных пород, особенно на площадях с предшествовавшим развитием кор химического выветривания.

2. Локальные россыпи представлены преимущественно продуктивными фациями континентального ряда практически всех генетических типов — от остаточных (элювиальных) до аллювиальных с преобладающим развитием последних в долинах II—V порядков.

Резко подчиненная роль принадлежит прибрежно-морским (озерным) россыпям. Формирование их происходит как за счет ближайшего выноса реками продуктивного материала в береговую зону, так и путем непосредственного размыва коренных источников или промежуточных коллекторов, расположенных в пределах подводного склона, пляжа или береговых террас различных уровней.

3. Наиболее крупные древние россыпи размещаются в пределах морфоструктур, сохранявших тенденцию к воздыманию, при дифференцированных (блоковых) перемещениях субстрата.

Степень переотложения, захоронения россыпей и их удаленность от коренных источников обусловлены тектоническим режимом тер-

Характерные попутные минералы россыпей	Промышленное значение россыпей различных генетических типов		
	Элювиальные (остаточные), элювиально-склоновые	Делювиально-аллювиальные пролювиальные, аллювиальные, флювиогляциальные	Прибрежно-морские и озерные
—	Мелкие проявления	Крупные россыпи (смешанных генетических типов)	Средние россыпи (озерные)

ритории и отражаются в минеральных ассоциациях, условиях залегания и морфологии пластов, гранулометрическом составе продуктивных и перекрывающих отложений. Последующий диагенез и литификация одновозрастных россыпей несоизмеримо интенсивнее проявляются по мере перехода от платформенных чехлов к подвижным областям.

Формированию современных россыпей субэкваториальной зоны способствует благоприятная климатическая обстановка мобилизации устойчивых в этих условиях минеральных компонентов, предварительно дезинтегрированных в корах химического выветривания.

На территории СССР провинции развития россыпей с отчетливо проявленной благоприятной обстановкой накопления устойчивых к выветриванию минералов находятся в областях распространения многолетней мерзлоты, где современные процессы континентального литогенеза и соответственно россыпеобразования протекают в криогенных условиях.

Оловоносные, редкометалльные и комплексные редкометалльно-титановые россыпи по условиям формирования подразделяются на две группы — аллохтонные (региональные) и автохтонные (локальные, ближнего сноса), развитие каждой из которых установлено на территории СССР в отложениях широкого возрастного диапазона.

К аллохтонной группе относятся комплексные россыпи циркона, редкоземельных и титановых (ильменит, лейкоксен, рутил) минералов, испытавших длительную транспортировку и многократное переотложение. При благоприятном гидродинамическом режиме россыпи перечисленных минералов формируются на расстоянии десятков и даже сотен километров от коренных источников. Исходным материалом россыпей этой группы обычно служат продукты размыва и переотложения региональных (площадных) кор химического выветривания, сформированных на субстрате разнообразных магматических, метаморфических и осадочных пород, содержащих устойчивые минералы, даже в виде аксессуариев. Это определяет их комплексный состав и сравнительно мелкий и однородный размер рудных компонентов в известных россыпях (Западно-Сибирской плиты, Зауралья, Центральных районов Русской

платформы, Украинского щита, Польско-Литовской синеклизы и др.).

Важнейшей закономерностью размещения древних прибрежно-морских россыпей перечисленной выше группы минералов является их приуроченность к обрамлениям кристаллических щитов, срединных массивов, сводовых поднятий или положительных элементов второго и более мелкого порядков, осложняющих синеклизы и прогибы древних платформ.

Наиболее крупные россыпи образуются в условиях медленного поднятия пенепленизированных областей сноса. Большинство из них приурочено к отложениям регрессивных серий. В этом случае при наличии в разрезе нескольких продуктивных пластов более выдержанными и богатыми обычно являются верхние, что принципиально отличает их от долинных континентальных россыпей, в которых повышенные концентрации полезных компонентов чаще тяготеют к плотнику.

На территории СССР довольно четко выделяется несколько основных эпох формирования комплексных аллохтонных россыпей, среди которых наиболее высокой продуктивностью отличаются девонская, среднеюрская, поздне меловая и среднепалеоген-раннеэоценовая, хотя в отдельных регионах в значительной степени перспективными на новые россыпи являются также прибрежно-морские фации протерозоя (Балтийский щит, Башкирский антиклинорий, Уралтау, Таймырская складчатая область), нижнего палеозоя (обрамление Балтийского щита, Сибирская платформа), карбона (Русская платформа) и нижнего мела (Русская платформа, Западно-Сибирская плита). В целом продуктивность основных эпох россыпеобразования от древних к более молодым практически не снижается.

В СССР ведущим типом месторождений циркона, редкоземельных и титановых минералов являются прибрежно-морские и озерные россыпи древних береговых зон при ничтожной роли современных россыпей тех же минералов. Для успешных дальнейших поисков россыпей этого типа важнейшим условием является детальный анализ палеогеографической обстановки основных эпох россыпеобразования в главнейших провинциях СССР.

Во второй — автохтонной (локальной) группе рассмотрены россыпи касситерита, вольфрамиты и тантало-ниобатов. Эти минералы не выдерживают длительной транспортировки и многократного переотложения, поэтому они образуют только россыпи ближнего сноса, тесно связанные с локальными источниками их пита-

ния, представляющими определенные формационные типы оловянной или редкометальной минерализации или промежуточные коллекторы. В связи с этим формирование россыпей происходит на расстояниях, обычно не превышающих 5—15 км от источников питания (долины II—V порядков). Такие особенности автохтонных (локальных) россыпей определяют среди них ведущее значение продуктивных отложений континентального ряда практически всех генетических типов, что в известной степени противопоставляет их комплексным аллохтонным (региональным) россыпям.

Наиболее благоприятные предпосылки для их формирования создаются в условиях пространственного совмещения структур — локализаторов оруденения и позднее развитой по ним гидросети, обычно вдоль разломов или зон интенсивной трещиноватости, легко подвергающихся эрозии. В иных условиях благоприятными источниками выступают широкие поля минерализации, ограничивающие при формировании продуктивных отложений поступление в область аккумуляции безрудных вмещающих пород (карбонаты, грейзены, редкометальные метасоматиты и др.). В обоих случаях при оценке потенциальной продуктивности отложений в ближайшем обрамлении источников питания решающее значение принадлежит глубине эрозионного среза субстрата рудоносных пород. При этом необходимо учитывать, что в случае площадного совмещения разнообразных типов эндогенной минерализации (танталониобиевой, оловянной и других) различный уровень их эрозионного среза будет вскрывать качественно отличные формационные типы оруденения (редкометальные апограниты, кварц-касситеритовые жилы и т. п.), что находит свое отражение в минеральных ассоциациях и типоморфных особенностях рудных компонентов.

Россыпи древней гидросети, примыкающие к береговой зоне и нередко перекрытые морскими отложениями, частично являются переотложенными; в континентальной части они могут быть погребены под склоновыми, ледниковыми или аллювиальными отложениями, иногда более молодыми вулканитами.

Наиболее интересные локальные россыпи, так же как и региональные, формируются в условиях предшествующего развития кор химического выветривания. Это отчетливо фиксируется не только в основных оловоносных и редкометальных провинциях субтропической зоны, но и по широко распространенным реликтам древних кор выветривания в субарктических районах, позднее оказавшихся в области криогенного литогенеза.

Формирование прибрежных россыпей (морских и озерных) про-

исходит как за счет перемыва продуктивного материала, выносимого реками, так и путем абразии коренных источников или промежуточных коллекторов, расположенных непосредственно в пределах подводного склона, пляжа или береговых террас различных уровней.

Россыпи касситерита и тантало-ниобатов различных генетических типов известны на территории СССР и сопредельных стран в отложениях значительного возрастного диапазона, в разных широтах, существенно отличающихся ландшафтными и климатическими особенностями. Это — касситеритовые россыпи Чешского массива, касситерит-колумбитовые — северного обрамления Украинского кристаллического щита и Приазовья, лопаритовые — Русской платформы, танталитовые — Урала, пироксоловые — Сибири, касситеритовые и вольфрамит-касситеритовые — Забайкалья, Северо-Восточной Якутии, Чукотки, Приморья, Центральной и Восточной Монголии, КНР и др.

Условия первичного накопления и переотложения минералов региональных и локальных россыпей и их удаленность от коренных источников отражены в ряде особенностей минеральных ассоциаций, в гранулометрическом составе россыпей, условиях их залегания и морфологии продуктивных пластов. Степень диагенеза и эпигенеза россыпей определяется не только их возрастом, но и размещением в областях различной мобильности.

Выяснение ведущих эпох россыпеобразования, индивидуальных морфоструктур и особенностей их неотектонического развития вместе с закономерностями локализации питающих коренных источников является непременным условием успешного изучения главнейших оловоносных и редкометалльных провинций СССР и выделения площадей, перспективных на выявление крупных россыпей древней гидросети, на которые и следует ориентировать дальнейшие поисковые работы.

Аксенов А. А. О рудном процессе в верхней зоне шельфа. М., «Наука», 1972. 157 с.

Апельцин Ф. Р., Фельдман А. Г. Геология месторождений редких элементов. М., 1958. 49 с. (ВИМС. Вып. 2. Колумбитоносные граниты).

Апельцин Ф. Р., Амичба Т. М., Патык-Кара Н. Г. Особенности высвобождения и переноса касситерита в полях оловорудных месторождений области криогенеза (на примере оловянных россыпей хребта Полоусного).— В кн.: Геохимические поиски в областях криогенеза. Л., 1970, с. 18—24.

Арманд А. Д., Граве М. К., Кудлаева А. Л. Поверхности выравнивания и коры выветривания Мурманской области.— В кн.: Основные проблемы геоморфологии и стратиграфии антропогена Кольского полуострова. Л., 1969, с. 112—123.

Арманд Н. Н., Патык-Кара Н. Г., Спорыхина Л. В. Геоморфологический анализ при изучении оловянных и оловянно-вольфрамовых россыпей.— «Поисковая геоморфология», 1973, № 92, с. 106—112.

Атлас палеогеографических и палеонтологических карт Русской платформы и ее геосинклинального обрамления масштаба 1:5 000 000. Под ред. А. П. Виноградова, В. Д. Наливкина, А. Б. Ронина, В. Е. Хаина. М., Госгеолтехиздат, 1962. 326 с.

Бабкин А. С. О поисках танталовых россыпей.— В кн.: Геология и полезные ископаемые Забайкалья. Чита, 1966, с. 65—67.

Бабкин П. В., Флеров И. Б., Прусс Ю. В. К проблеме поисков россыпей золота и олова в акватории морей Северо-Востока СССР.— В кн.: Геология моря. Вып. 2. Л., 1973, с. 27—29.

Баранова Ю. П., Бискэ С. Ф. Основные черты палеогеографии кайнозоя Северо-Востока СССР.— «Труды Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР», 1968, вып. 38, с. 94—119.

Басаков М. П. Минералогический состав осадочных пород и коэффициенты устойчивости минералов.— «Труды Ин-та геол. АН Уз. ССР», 1953, вып. 9, с. 109—114.

Батурин В. П. Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. М., Изд-во АН СССР, 1947. 338 с.

Беус А. А., Ситнин А. А. Микролитсодержащие граниты — новый перспективный тип месторождений тантала.— «Разведка и охрана недр», 1960, № 10, с. 1—4.

Билибин Ю. А. Основы геологии россыпей. М., Изд-во АН СССР, 1956. 463 с.

Блинов В. А., Демьянов В. М., Спорыхина Л. В. Геолого-геоморфологические условия формирования оловянных россыпей Центральной Чукотки.— «Разведка и охрана недр», 1975, № 5, с. 9—12.

Божинский А. П., Гневушев М. А., Каллистов А. Л. Методы разведки и подсчета запасов россыпных месторождений полезных ископаемых. М., 1965. 311 с. («Труды ЦНИГРИ», вып. 65).

Бойко Г. Ф., Болотов А. М. Геохимия тантала и ниобия в корях выветривания и промышленные россыпи тантало-ниобатов.— В кн.: Материалы семинара по геохимии гипергенеза и коры выветривания. Минск, Изд-во АН БССР, 1969, с. 22—25.

Ботвинкина Л. Н. Слоистость осадочных пород. М., Изд-во АН СССР, 1962. 542 с.

Бурков В. В., Потемкин К. В., Пятнов В. И. Основные генетические типы экзогенных месторождений тантала.— В кн.: Состояние и задачи советской литологии. Т. 2. М., 1970, с. 142—148.

Быбочкин А. М. Месторождения вольфрама и закономерности их размещения. М., «Недра», 1968. 236 с.

Быховский Л. З., Гурвич С. И., Патык-Кара Н. Г. Новый тип оловоносных россыпей в Северо-Восточной Якутии.— «Докл. АН СССР», 1971, т. 196, № 5, с. 1407—1409.

Валлетер И. П., Лебедев С. А. История развития поверхностей выравнивания в области мезозойд Северо-Востока СССР.— В кн.: Вопросы региональной палеогеоморфологии. Уфа, 1966, с. 224—225.

Вольфрамитовые месторождения — новый источник получения тантала.— «Разведка и охрана недр», 1963, № 7, с. 10—12. Авт.: А. М. Быбочкин, Л. З. Быховский, С. И. Гурвич, И. И. Четырбоцкая.

Вольфрамовые россыпи (условия формирования, генетические типы).— В кн.: Третье совещание по минералогии, геохимии, генезису и комплексному использованию вольфрамовых месторождений СССР. Л., 1971, с. 3—4. Авт.: Ф. Р. Апельцин, Л. З. Быховский, С. И. Гурвич, Н. Г. Патык-Кара.

Воробьев В. П., Крапивнер Р. Б. Предварительная типизация прибрежно-морских россыпей.— «Изв. вузов. Геология и разведка», 1974, № 1, с. 23—31.

Воскресенский С. С., Тимофеев Д. А. Формирование склонов.— В кн.: Современные экзогенные процессы рельефообразования. М., 1970, с. 63—74.

Геология россыпей. Отв. ред. В. И. Смирнов. М., «Недра», 1965. 400 с.

Геология месторождений олова зарубежных стран. М., «Недра», 1969. 326 с. Авт.: Р. М. Константинов, С. Ф. Лугов, Б. В. Макеев и др.

Геология и разведка месторождений полезных ископаемых Забайкалья. Чита, 1968. 191 с. (Материалы III научной конференции ЗаБНИИ).

Герасимов И. П., Сидоренко А. В. О карте поверхностей выравнивания и кор выветривания СССР (1972 г.).— «Советская геология», 1973, № 3, с. 14—23.

Гинзбург И. И. Типы древних кор выветривания, формы их проявления и классификация.— Кора выветривания, 1963, вып. 6, с. 71—102.

Гинзбург А. И. Генетические типы редкометальных месторождений.— «Разведка и охрана недр», 1957, № 6, с. 71—102.

Гинзбург А. И., Овчинников Л. Н., Солодов Н. А. Генетические типы месторождений тантала и их промышленное значение.— «Геология рудных месторождений», 1970, № 4, с. 3—15.

Горелов С. К. О проблеме комплексного анализа древних поверхностей выравнивания и кор выветривания.— «Геоморфология», 1974, № 1, с. 5—8.

Григорьев И. Ф., Доломанова Е. И. Особенности специализированных оловоносных гранитоидов Забайкалья и возможные условия образования месторождений олова.— В кн.: Металлогеническая специализация магматических комплексов. М., 1964, с. 157—186.

Гурвич С. И. Новые данные по оловоносности Украинского кристаллического щита.— «Изв. вузов. Геология и разведка», 1960, № 9, с. 83—86.

Гурвич С. И., Казаринов Л. Н., Малашевский А. Н. Открытие титано-циркониевых россыпей в Центральном Предкавказье.— «Докл. АН СССР», 1962, т. 144, № 3, с. 672—675.

Гурвич С. И., Казаринов Л. Н., Хмара Н. В. Древние редкометально-титановые россыпи, методы их поисков и оценки. М., «Недра», 1964. 171 с.

Гурвич С. И. Редкометальные россыпи и перспективы их поисков в СССР.— «Разведка и охрана недр», 1966, № 4, с. 10—17.

Гурвич С. И., Болотов А. М. Титано-циркониевые россыпи Русской платформы и вопросы поисков. М., «Недра», 1968. 187 с.

Денисов С. В. Предпосылки к изучению материкового шельфа северо-западного Прихотья.— «Изв. вузов. Геология и разведка», 1974, № 1, с. 82—87.

Дядченко М. Г., Хатунцева А. Я. Континентальные россыпи Днепро-Бугского района.— В кн.: Закономерности размещения месторождений в платформенных чехлах. Ч. 2. Киев, 1960, с. 115—129.

Еловских В. В. Закономерности размещения эндогенных месторождений на территории Северо-Восточной Якутии.— В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 3. М., 1960, с. 525—540.

*Ерофеев Б. Н., Лугов С. Ф., Чайковский В. К.* Оловоносные россыпи.— В кн.: Успехи в изучении главнейших осадочных полезных ископаемых в СССР. М., 1967. с. 211—225.

*Жердева А. Н., Абулевич В. К.* Минералогия титановых россыпей. М., «Недра», 1960. 198 с. (ВИМС. Минеральное сырье. Вып. 1).

*Жилинский Г. Б.* Оловоносность Центрального Казахстана (оловоносные формации и их место в общей металлогении района). Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1959. 211 с.

*Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 4.* М., Госгортехиздат, 1960, 254 с. Т. 10. М., «Наука», 1973. 391 с.

*Зверева Е. А., Писемский Г. В.* Кора выветривания на массивах ультраосновных — щелочных пород и карбонатитов. М., «Недра», 1969. 203 с. (ВИМС. Геология месторождений редких элементов. Вып. 34).

*Зенкович В. П.* Основы учения о развитии морских берегов. М., Изд-во АН СССР, 1962. 710 с.

*Зубков Л. Б., Галецкий Л. С.* О ниобий-танталоносном касситерите из коренных пород северо-западной части Украинского кристаллического щита.— «Докл. АН СССР», 1966, т. 169, № 3, с. 660—663.

*Иванов Ю. Г.* Металлогения олова Приморья. М., «Недра», 1971. 272 с.

*Ильин К. Б.* Региональная металлогения СССР. М., «Недра», 1974. 237 с.

*Каждан А. Б., Кащеев Л. П., Кушнарев П. И.* Некоторые методические вопросы разведки и опробования прибрежно-морских россыпных месторождений.— «Изв. вузов. Геология и разведка», 1974, № 1, с. 65—72.

*Казаринов В. П.* О понятии «Формация коры выветривания».— «Литология и полезные ископаемые», 1973, № 1, с. 117—120.

*Кайнозойское осадконакопление и условия формирования оловоносных россыпей хребта Полуостровного.*— «Литология и полезные ископаемые», 1971, № 1, с. 42—53. Авт.: Патык-Кара, И. Н. Билибин, Л. З. Быховский и др.

*Калюжная С. Н., Белоусов В. Д.* Комплексные титаноносные россыпи юго-западной окраины Западно-Сибирской низменности.— «Минеральное сырье», 1966, вып. 14, с. 141—154.

*Калюжный В. А.* О распространении и устойчивости ильменита в корах выветривания.— «Геология рудных месторождений», 1968, № 5, с. 63—76.

*Карей Дж.* Позднечетвертичная история материковых шельфов США.— В кн.: Четвертичный период в США. М., 1968, с. 437—454.

*Карташов И. П.* Единая генетическая классификация рельефа, рыхлых отложений и россыпей.— «Труды СВКНИИ СО АН СССР». 1963, вып. 3, с. 63—82.

*Карташов И. П.* Автохтонные и аллохтонные аллювиальные россыпи.— «Литология и полезные ископаемые», 1971, № 4, с. 79—87.

*Карташов И. П.* Основные закономерности геологической деятельности рек горных стран. М., «Наука», 1972. 184 с.

*Колотухина С. Е., Первухина А. Е., Рожанец А. В.* Геология месторождений редких элементов Африки. М., «Наука», 1964. 217 с.

*К проблеме поисков и оценки вольфрамовых россыпей.*— В кн.: Минералогия и геохимия вольфрамовых месторождений. Л., 1975, с. 27—35. Авт.: Ф. Р. Апельцин, Т. М. Амичба, Л. З. Быховский и др.

*Кора выветривания.* Вып. 6. М., Изд-во АН СССР, 1963. 320 с.

*Крючков А. С.* Задачи научно-исследовательских учреждений по расширению и укреплению рудной базы вольфрама.— В кн.: Минералогия и геохимия вольфрамовых месторождений. Л., 1971, с. 5—9.

*Лавров В. В., Соболева Е. И.* К характеристике Тургайской титаноносной провинции.— В кн.: Труды Объединенной Кустанайской научной сессии. Т. 2. Алма-Ата, 1958, с. 169—182.

*Левицкий О. Д.* Некоторые особенности образования оловоносных россыпей.— В кн.: Геология олова. М., 1947, с. 277—296.

*Леонтьев О. К.* Геоморфология морских берегов и дна. М., Изд-во МГУ, 1955. 379 с.

*Лугов С. Ф., Makeев Б. В., Потапова Т. М.* Закономерности формирования и размещения оловорудных месторождений Северо-Востока СССР. М., «Недра», 1972. 351 с.

Лукашов К. И. Основы литологии и геохимии коры выветривания. Минск, Изд-во АН БССР, 1958. 470 с.

Лукашов В. К. Геохимия четвертичного литогенеза. Минск, «Наука и техника», 1970. 295 с.

Мальшев И. И. Закономерности образования и размещения месторождений титановых руд. М., Госгеолтехиздат, 1957. 272 с.

Маслов Ю. С. Геолого-геоморфологические предпосылки формирования золото-оловоносных россыпей Чаунской губы.— «Советская геология», 1974, № 3, с. 117—122.

Матвеевко В. Т., Шаталов Е. Т. Основные закономерности размещения оловянного оруденения на Северо-Востоке.— «Геология рудных месторождений», 1963, № 2, с. 46—61.

Материки М. П. Закономерности размещения и геолого-генетические группы оловянных месторождений СССР. М., «Недра», 1974. 144 с.

Молджи Г. С. Титаноносные олигоценовые отложения Зауралья.— «Минеральное сырье», 1960, вып. 1, с. 5—25.

Москвич М. М. Минерально-сырьевые ресурсы в капиталистических странах (Be, Li, Nb, Ta). М., «Недра», 1965. 97 с.

Наймарк А. А. Схема неотектоники Крайнего Северо-Востока СССР.— «Докл. АН СССР», 1966, т. 170, № 4, с. 1108—1110.

Некоторые особенности оловоносных россыпей Чукотки.— В кн.: Новые данные по геологии рудных районов Востока СССР. М., 1969, с. 138—144. Авт.: С. И. Гурвич, И. Е. Драбкин, С. Ф. Лугов и др.

Нестеренко Г. В., Цибульчик В. М. Источники питания титаноносных отложений на юго-востоке Западной Сибири. Новосибирск, «Наука», 1966. 154 с. (СО АН СССР).

Новые данные по геологии оловянных месторождений СССР. М., 1975. 244 с. (ВИМС. Минеральное сырье. Вып. 24).

Новый район россыпной оловоносности на Чукотке.— «Докл. АН СССР», 1969, т. 185, № 5, с. 1112—1114. Авт.: С. И. Гурвич, С. Ф. Лугов, Ф. Э. Стружков, В. Б. Терентьев.

О концентрации титана в вулканогенно-осадочных образованиях ястребовского горизонта на юге Воронежской области.— «Геология рудных месторождений», 1963, № 1, с. 109—113. Авт.: В. А. Блинов, В. А. Дюбюк, Л. С. Кузьмина, Б. Н. Одокий.

Онихимовский В. В. К металлогении олова Приамурья.— «Изв. вузов. Геология и разведка», 1972, № 3, с. 76—81.

Павлов Г. Ф., Травин Ю. А. Некоторые факторы, контролирующие размещение россыпей в полиминеральных провинциях.— В кн.: Труды СВКНИИ ДВНЦ АН СССР. Магадан, Магаданское книжное изд-во, 1972, с. 49—57.

Перспективы выявления прибрежно-морских россыпей касситерита на Чукотке.— «Докл. АН СССР», 1969, т. 185, № 4, с. 880—882. Авт.: С. И. Гурвич, С. Ф. Лугов, Ф. В. Стружков, В. Б. Терентьев.

Петров В. П. Основы учения о древних корях выветривания. М., «Недра», 1967. 343 с.

Поверхности выравнивания и коры выветривания на территории СССР. Под ред. И. П. Герасимова и А. В. Сидоренко. М., «Недра», 1974. 443 с.

Проблемы геологии россыпей. Гл. ред. В. И. Смирнов. Магадан, Магаданское книжное изд-во, 1970. 412 с.

Прогнозирование и методы поисков месторождений никеля, олова и алмазов в Советской Арктике. Ред. Г. И. Кавардин, В. В. Жуков, В. И. Ушаков. Л., 1968. 95 с. (Труды НИИГА).

Пятнов В. И. Касситерито-танталитовый район Гринбушес (Западная Австралия).— «Редкие элементы», 1969, вып. 3, с. 115—118.

Радкевич Е. А. Оловянные формации и их практическое значение.— «Советская геология», 1968, № 1, с. 14—24.

Региональные типы процессов выветривания. Чита, 1970. 77 с. (Зап. Забайкальского фил. геогр. об-ва СССР. Вып. 41).

Резанов И. А. Вопросы новейшей тектоники Северо-Востока СССР. М., «Наука», 1964. 148 с.

Ремизов И. Н., Бергер М. Г. Об условиях накопления миоценовых титаноциркониевых россыпей Днепровско-Донецкой впадины.— «Докл. АН СССР», 1968, т. 182, № 4, с. 903—906.

Рошков И. С. Особенности литологии россыпей.— В кн.: Состояние и задачи советской литологии. Т. 2. М., 1970, с. 190—198.

Романов И. С. Титаноносность полтавских отложений средней части Днепровско-Донецкой впадины.— «Геология рудных месторождений», 1961, № 3, с. 89—97.

Рудоносные коры выветривания. Отв. ред. В. И. Смирнов. М., «Наука», 1974. 357 с.

Рухин Л. Б. Основы общей палеогеографии. М., Гостоптехиздат, 1962. 628 с.

Рыжов Б. В. О чертах сходства в строении аллювиальных россыпей горного хрусталя, касситерита и золота.— «Труды ЦНИГРИ», 1968, вып. 79, с. 320—321.

Сакс С. Е. Гидродинамическая дифференциация в потоке и ее влияние на изменчивость содержания металла в россыпи.— «Изв. вузов. Геология и разведка», 1974, № 1, с. 73—81.

Семенов Е. И. К минералогии ниобия и тантала в коре выветривания.— В кн.: Минералогия пегматитов и гидротермалитов щелочных массивов. М., 1967, с. 144—153.

Сигов А. П. К вопросу о пенефлене, педилене и роли коры выветривания при образовании рельефа.— «Геоморфология», 1973, № 2, с. 11—23.

Сидоренко А. В. Доледниковая кора выветривания Кольского полуострова. М., Изд-во АН СССР, 1958. 108 с.

Сидоренко А. В. Геоморфологические предпосылки поисков россыпей на северо-западе Европейской части СССР. М., Изд-во АН СССР, 1959. 27 с.

Симонов Ю. Г. Региональный геоморфологический анализ. М., Изд-во МГУ, 1972. 251 с.

Синицын В. М. Палеогеография Азии. М., Изд-во АН СССР, 1962. 268 с.

Смирнов В. И. Геология полезных ископаемых. М., «Недра», 1969. 687 с.

Смирнов С. С. Избранные труды. М., Изд-во АН СССР, 1955. 248 с.

Смолдырев А. Е., Лаврик Н. И. О комплексном геолого-геофизическом изучении шельфа Японского моря на прибрежно-морские россыпи.— «Изв. вузов. Геология и разведка», 1972, № 1, с. 8—17.

Солодов Н. А. О перспективах экзогенных месторождений тантала и некоторых вопросах их поисков и оценки.— «Редкие элементы», 1969, вып. 3, с. 59—75.

Спориыхина Л. В., Воронина Л. Б., Кулешов Б. А. О погребенных россыпях олова на Центральной Чукотке.— «Разведка и охрана недр», 1971, № 8, с. 10—15.

Страхов Н. М. Основы теории литогенеза. М., Изд-во АН СССР, 1960. 212 с.

Стружков Ф. Э., Терентьев В. Б. Отличительные черты оловоносности Центральной Чукотки.— «Советская геология», 1969, вып. 10, с. 69—77.

Сушон А. Р. Об опыте составления прогнозной карты древних прибрежных россыпей титана и циркония на Тимане.— «Геология рудных месторождений», 1963, № 2, с. 76—90.

Тезисы докладов III Всесоюзного совещания по геологии россыпей. Магадан, Магаданское книжное изд-во, 1968. 219 с.

Тезисы докладов IV Всесоюзного совещания по геологии россыпей. Кизел, изд-во АН УССР, 1973. 149 с.

Тезисы докладов VII Научной конференции геологов Прибалтики и Белоруссии. Таллин, 1970. 332 с.

Тихомиров С. В. Некоторые основные предпосылки и факторы формирования прибрежно-морских россыпей и их классификация.— «Изв. вузов. Геология и разведка», 1974, № 1, с. 6—15.

Транспортировка полезных ископаемых в россыпях. [Сб. докладов]. Якутск, 1975. 149 с. (Якутский филиал СО АН СССР).

Трофимов В. С. Условия образования дельтовых и прибрежно-морских россыпей полезных ископаемых.— В кн.: Дельтовые и мелководно-морские отложения. М., 1963, с. 89—96.

*Трофимов В. С.* Основные факторы, контролирующие образование и размещение россыпей полезных ископаемых.— «Литология и полезные ископаемые», 1964, № 6, с. 5—18.

*Трушков Ю. Н.* Условия формирования и закономерности распределения россыпей в мезозоидах Якутии. М., «Наука», 1971. 265 с.

*Ульст В. Г.* Литологические критерии особенностей перемещения мелкообломочного материала в прибрежной зоне моря.— В кн.: Физические и химические процессы и фации. М., 1968, с. 34—46.

*Ульст В. Г., Берзинь Л. Е., Абрамов Е. П.* Геологическое строение дна в южной части Рижского залива по данным геоакустического зондирования.— «Baltica». Т. 1. Вильнюс, 1963, с. 137—149.

*Условия формирования и перспективы поисков вольфрамовых россыпей в центральной части Полоусного хребта.*— В кн.: Минералогия и геохимия вольфрамовых месторождений. Л., 1971, с. 36—45. Авт.: Л. З. Быховский, С. И. Гурвич, Н. Г. Патык-Кара и др.

*Утин П. П., Шолмин В. Я.* О некоторых вопросах россыпной оловоносности Северо-Востока.— «Колыма», 1965, № 3, с. 37—42.

*Хазоз Р. А.* Новое проявление оловянного оруденения в Северном Приладожье.— «Советская геология», 1967, № 8, с. 119—125.

*Хаин В. Е.* Планетарный рельеф Земли как отражение эволюции тектонической сферы.— «Геоморфология», 1971, № 4, с. 3—8.

*Хатунцева А. Я., Левковская Н. Ю.* Россыпи Северной Волны и особенности их вещественного состава.— В кн.: Закономерности размещения месторождений в платформенных чехлах. Киев, АН УССР, 1960, с. 130—145.

*Хожашов Н. П., Беляев В. И.* Литология сеноманского яруса и закономерности концентрации тяжелых минералов в песчано-алевритовых породах северо-восточного склона Воронежской антеклизы.— «Советская геология», 1969, № 3, с. 49—63.

*Холодов В. Н., Баранов Ю. Е.* Экзогенные месторождения редких элементов.— «Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов», 1965, т. 3, с. 17—28.

*Хортон Р.* Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. М., Изд-во инстр. лит., 1948. 158 с.

*Цехомский А. М.* О закономерности размещения полезных ископаемых кор выветривания.— «Советская геология», 1974, № 2, с. 55—67.

*Цыбал С. Н., Полканов Ю. А.* Минералогия титано-циркониевых россыпей Украины. Киев, «Наукова думка», 1975. 247 с.

*Чайка В. М.* Формации докембрийских металлоносных конгломератов и принципы прогноза докембрийских россыпей.— В кн.: Проблемы металлоносности древних конгломератов на территории СССР. М., 1969, с. 29—52.

*Чайковский В. К.* Геология оловоносных месторождений Северо-Востока СССР. М., Госгеолтехиздат, 1960. 335 с.

*Шанцер Е. В.* Очерки учения о генетических типах континентальных осадочных образований. М., «Наука», 1966. 297 с.

*Шило Н. А.* Некоторые принципы классификации россыпных проявлений. Магадан, 1958. 21 с. (Труды ВНИИ-1. Вып. 36).

*Шило Н. А.* Тектоно-геоморфологическая эволюция поверхности Северо-Востока и россыпеобразование.— «Труды СВКНИИ СО АН СССР», 1967, вып. 30, с. 146—153.

*Шило Н. А., Павлов Г. Ф.* Некоторые черты россыпной оловоносности Чуокотки.— «Труды СВКНИИ СО АН СССР», 1967, вып. 30, с. 154—158.

*Шило Н. А., Беспальный В. Г., Павлов Г. Ф.* Картографическое отображение новейшей тектоники Северо-Востока.— «Колыма», 1971, № 1, с. 38—41.

*Шуйский Ю. Д.* О понятии «прибрежно-морская россыпь» в связи с ее генезисом.— «Литология и полезные ископаемые», 1971, № 2, с. 122—130.

*Шумилов Ю. В.* О выделении элювиально-аллювиального типа россыпей.— «Колыма», 1970, № 11, с. 40—41.

*Щеглов А. Д.* Металлогения областей автономной активизации. М., «Недра», 1968, 179 с.

Энов О. Г., Владимирский З. И., Энова Б. А. Факторы распределения оруденения в Полоусненском редкометальном районе.— В кн.: Основы научного прогноза месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых. Л., 1971, с. 63—72.

Ahnert F. Tunktional relationships between denudation, relief and uplift in large mid-latitude drainage basins.— „American Journal of Science“, 1970, v. 268, N 3, pp. 243—263.

Bradley W. C. Effect of weathering on abrasion of granitic gravel Colorado river.— „Geol. Soc. of America Bull.“, 1970, v. 81, N 1, pp. 61—80.

Cailleux A. Morphoskopische Analyse der Geschiebe und Sandkörner und ihre Bedeutung für die Paläoklimatologie.— „Geologische Rundschau“, 1952, Bd. 40, Hf. 1, ss. 11—19.

Ellis H. A. (revised for second edition by A. A. C. Mason). Tin-Tantalum ore deposits of Greenbushes. Australia and New Zealand.— „Geology of Australian ore deposits“, 1965, v. 1, pp. 150—153.

Gilluly J., Reed J. C., Cady W. M. Sedimentary volumes and their significance.— „Geol. Soc. of America Bull.“, 1970, v. 81, N 2, pp. 353—376.

Gurvich X., Xuprunop E., Pham Tan Thinh. Ve viec tim kiem cac mo sa Knoang o ven bo vinh bac bo.— „Dia chat.“, 1972, N 5—6, s. 20—23.

King Cuchlaine A. M. Beaches and coasts. London, 1959, 403 p.

Kun N. Die Zinn-Niob-Tantal-Zircon und Lantaniden—Lagerstätten von Nigerian.— „Neues Jahrbuch für Mineralogie“, Monatshefte, 1960, H. 5, s. 27—51.

Lee G. S. Prospecting for tin in the sands of St. Jves Bay, Cornwall. Trans. Instn.— „Mining and Metallurgy“, 1968, A. 77, pp. 49—64.

Makdonald E. H. The testing and evolution of Australian placer deposits. The Australian Institute of Mining and Metallurgy. Proceedings, 1966, N 218, pp. 25—45.

Nichols R. L. Characteristics of beaches formed in polar climates.— „Amer. Journ. of Science“, 1961, v. 259, N 9, pp. 694—708.

Отчет Хэнтий-Хойт Хэрлэнтийн бусийн цагаан тугалганы ордуудын зарим онцлог.— «Хайгуулчин», 1974, № 1, с. 25—31. Авт.: С. И. Гурвич, В. Терентьев, С. Уртнасан, Ч. Хурц.

Osberger R. Prospecting tin placers in Indonesia.— „Mining Magazine“, 1967, v. 117, N 2, pp. 97—103.

Principal regularities in the localization of tin, tungsten and molybdenum deposits in Mongolia.— Metallization Associated with Acid Magmatism. Vol. 1, Praha, 1974, pp. 29—35. Y. Borzakovskii, S. Gurvich, V. Terentev, R. Khasin, C. Khurts.

Ramdohr P. Die Uran- und Goldlagerstätten Witwatersrand-Blind River District—Dominion Reef-Serra de Jacobina erzmikroskopische Untersuchungen und geologischer Vergleich. Akad. Verlag, Berlin, 1958. 276 s.

Rao C. B. Beach erosion and concentration of heavy mineral sands.— „Journal of sedimentary Petrology“, 1957, v. 27, N 2, pp. 143—147.

Танталын шоорон орд, илрэлийн анхны алдвор.— «Хайгуулчин», 1974, v. 16, № 4, 5, с. 17—23. Авт.: Л. З. Быховский, С. И. Гурвич, В. Уртнасан, Ч. Хурц.

Twenhofel W. S. The Rounding of sand grains.— „J. of Sed. Petrol.“, 1954, vol. 15, N 2, pp. 21—29.

Zwierzycki Jozef. Zirconium deposits in western Pomorze (Poland). (Univ., Wroclaw. Poland), 1947, H. 14, ss. 150—152.

	Стр.
Введение . . . . .	3
<b>ЧАСТЬ ПЕРВАЯ</b>	
<b>ГРУППА РОССЫПЕЙ ЦИРКОНА, РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ И ТИТАНОВЫХ МИНЕРАЛОВ</b>	
Глава I. Россыпи Русской платформы и ее геосинклинального обрамления . . . . .	5
1. Отличительные особенности строения и закономерности размещения россыпей . . . . .	5
Докембрий . . . . .	6
Палеозой . . . . .	6
Мезозой . . . . .	12
Кайнозой . . . . .	27
2. Перспективы выявления и критерии поисков россыпей в разновозрастных образованиях чехла платформы . . . . .	46
Глава II. Россыпи платформенных и подвижных областей азиатской части СССР . . . . .	64
Докембрий . . . . .	65
Палеозой . . . . .	66
Мезозой . . . . .	67
Кайнозой . . . . .	70
<b>ЧАСТЬ ВТОРАЯ</b>	
<b>ГРУППА РОССЫПЕЙ КАССИТЕРИТА, ВОЛЬФРАМИТА И ТАНТАЛО-НИОБАТОВ</b>	
Глава III. Оловоносные, вольфрамоносные и комплексные россыпи . . . . .	81
1. Россыпи подвижных областей . . . . .	82
Северо-Восток СССР . . . . .	82
Приморье . . . . .	102
Забайкалье . . . . .	111
2. Россыпи платформенных областей . . . . .	127
Глава IV. Россыпи тантало-ниобатов . . . . .	138
1. Россыпи ореолов редкометалльных гранитов и метасоматитов . . . . .	139
2. Россыпи в полях развития редкометалльных пегматитов . . . . .	151
3. Россыпи комплексов ультраосновных — щелочных пород и карбонатитов . . . . .	158
4. Россыпи центральных массивов щелочных пород семейства нефелиновых сиенитов . . . . .	167
<b>ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ</b>	
<b>ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ, ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ И ОЛОВОНОСНЫХ РОССЫПЕЙ</b>	
Глава V. Россыпи циркона, редкоземельных и титановых минералов . . . . .	172
Глава VI. Россыпи касситерита, вольфрамитов и тантало-ниобатов . . . . .	184
Заключение . . . . .	216
Список литературы . . . . .	220

ИБ № 1086

*Соломон Иохелевич Гурвич*

**Закономерности размещения  
редкометалльных и оловоносных россыпей**

Редактор издательства Л. Н. Федорова  
Переплет художника А. А. Зубченко  
Технические редакторы А. В. Трофимов,  
В. В. Максимова  
Корректор С. С. Борисова

---

Сдано в набор 07.10.1977. Т-07236  
Подписано в печать 07.04.1978  
Формат 60×90<sup>1/16</sup>. Бумага № 2.  
Гарнитура литер. Печать высокая.  
Печ. л. 14,25. Уч.-изд. л. 16,60.  
Тираж 2200 экз. Заказ 682/6221—2.  
Цена 1 р. 00 к.

---

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12,  
Третьяковский проезд, 1/19  
Ленинградская картографическая фабрика  
объединения «Аэрогеология».

Ір. Оук.

2481

НЕДРА