

*А.М. Иванова, О.В. Суздальский*

### **Россыпная минерагения шельфовых областей Мирового океана**

ВНИИОкеангеология

Россыпи широко распространены в шельфовых областях мира вдоль побережий континентов, островов и архипелагов. Масштабы россыпной металлоносности и алмазности позволяют говорить о существенном вкладе прибрежно-морских месторождений в общий баланс минеральных ресурсов. Это относится прежде всего к таким полезным ископаемым, как ильменит, рутил, циркон, магнетит, титаномагнетит, монацит и касситерит, и в меньшей степени - к алмазам. Россыпи золота, хромита, платины и платиноидов на шельфах единичны, и вклад их в минеральный потенциал мира пока незначителен.

За последнее десятилетие геологическая наука в нашей стране значительно продвинулась вперед в изучении шельфовых областей и их металлоносности. Возникло и успешно развивается новое направление в геологии (россыпная минерагения шельфовых областей), включающее элементы теории шельфового рудогенеза и прикладные разработки по классификации россыпных объектов, их характеристике и методике оценки ресурсов полезных ископаемых. Определены общие закономерности формирования и размещения россыпей в шельфовых областях, комплексы прогнозно-поисковых критериев, выявлены главные генетические типы россыпей.

Для понимания закономерностей размещения россыпей в пространстве (по латерали) и в разрезе вмещающей кайнозойской толщи следует напомнить природные особенности объекта исследования. Шельфовые области (зоны) - это элементы глобальной структуры Земли - геошельфа, сформировавшейся в конце мезозоя - кайнозое как система молодых подвижных платформенных сооружений по окраинам материков [Айнемер, 1984; Айнемер и Коншин, 1982; Геологическое строение..., 1984; Егузаров и др., 1986; 1987; Иванова, 1981]. Данная мегаструктура является промежуточной в историко-геологической триаде (континенты - геошельф - Мировой океан) и характеризуется рядом вытекающих отсюда особенностей.

Границы шельфовых областей имеют, как правило, тектоническую природу (региональные сбросы, сдвиги, флексуры) и в современном рельефе фиксируются уступами, к которым приурочены береговые линии кайнозойских морей. Линия максимальной трансгрессии моря во многих регионах заходит далеко вглубь континента (до тылового шва приморских низменностей). Внешние (по отношению к материкам) границы шельфовых областей обычно соответствуют перегибу в рельефе дна - бровке континентального склона. Таким образом, историческое и геолого-структурное понятие «шельфовая область» (или зона) охватывает не только современный (географический) шельф, но и прибрежные части континентов [Егузаров и др., 1987; Иванова, 1981; Иванова и др., 1987; 1987а; Лобанов, 1980].

Характерно зональное строение шельфовых областей, впервые описанное для арктических регионов [Иванова, 1981]. Крайняя, приматериковая часть любой шельфовой области располагается на сочленении со структурами обрамления (пограничные орогенные пояса по Ю.Е. Погребницкому, 1976), с одной стороны, и шельфовыми плитными прогибами - с другой. Эта зона называется переходной, мобильной, подвижной, что отражает существо ее тектонического режима. Обрамляющий зону пояс складчатых и активизированных сооружений подчеркивает латеральную зональность шельфа, а система шельфовых прогибов (следующая зона) образует кайму по периферии океанической впадины. Неотектонический (морфоструктурный) план и рельеф фиксируют зональность:

орогенный пояс (поднятия) - переходная зона (слабые и умеренные поднятия или опускания, денудационно-аккумулятивный рельеф - зона прогибов (активные прогибания, аккумулятивный рельеф). Соответственно возрастают мощности кайнозойского чехла шельфовых областей - от десятков-сотен метров в переходной зоне до сотен метров в прогибах.

Суммарный эффект неотектонических движений в переходных зонах невелик (от +200...+150 м до -100...-150 м) и является результатом слабых положительных или отрицательных знакопеременных движений.

Переходные зоны по конфигурации и размерам тесно связаны с геоструктурами обрамления и основания шельфовых областей. Наиболее обычны конформные либо продольные зоны. Поперечные или дискордантные зоны часто обрамляют острова и архипелаги в узких межплитовых пространствах [*Геологическое строение...*, 1984], они ориентированы под углом или вкрест простирания современных берегов и нередко продолжаются с акваторий на континент, сохраняя линейность и направление. Имеются переходные зоны окраинно-шельфового или периокеанического типа (по границе с океанической впадиной), островодужные.

Типизация и оконтуривание переходных зон играют важную роль при изучении россыпной минерализации шельфовых областей, поскольку все известные россыпные объекты приурочены именно к этим геоструктурным элементам [*Айнемер, 1984; Геологические критерии...*, 1981; *Геологическое строение...*, 1984; *Иванова, 1981; Иванова и др., 1987; 1987a*].

Большое значение в кайнозойском шельфовом россыпеобразовании имеют площадное распространение и вещественный состав пород в областях питания - россыпеобразующих формаций [*Айнемер и Коншин, 1982; Геологические критерии...*, 1981; *Лихт, 1984; Шило, 1981*].

По окраинам материков и в островных дугах трассируются пояса и зоны с проявлениями своеобразного магматизма и эндогенной минерализацией (С.Н. Иванов, 1973), предшествующими или синхронными становлению структур геoshельфа. Классическим примером служит Тихоокеанский сегмент Земли с кольцевыми металлогеническими системами («Медное», «Золотое», «Гипербазитовое» кольца) и трансформным Австрало-Азиатским оловоносным поясом (М.И. Ициксон, 1979). Рудоносность в зонах перехода от континентов к океанам обусловлена геотектоническим режимом повышенной активности и возникновением своеобразных рудно-магматических комплексов, для которых характерны фемафильность и появление металлов мантийного происхождения.

Геотектоническая позиция и минерогенический профиль питающих провинций и зон определяют специализацию россыпей в шельфовых областях. Источниками россыпных минералов (золото, касситерит, алмазы, ильменит, титаномагнетит, рутил, циркон, монацит) в ряде областей служат метаморфические толщи щитов и древних платформ. Эти связи легко прослеживаются на примере россыпей, располагающихся вдоль побережий Африки, Западной Австралии, Индии, островов Мадагаскар и Шри-Ланка [*Айнемер и Коншин, 1982; Иванова и др., 1987a*]. Так в ЮАР, Танзании, Индии, Бирме находятся крупнейшие месторождения минералов титана, циркония и железа. На расстоянии свыше 1000 км прослежены, россыпи алмазов в Юго-Западной Африке (ЮАР и Намибия).

Большая частота встречаемости прибрежно-морских россыпей касситерита, золота, хромита, платины связана с наличием россыпеобразующих формаций фанерозойских складчатых систем и зон активизации. Так, с мезозойскими (юра-мел) гранитоидными интрузиями ассоциируют россыпи касситерита в уникальных оловоносных районах Индонезии, Малайзии, Таиланда. Активизация в мезозое палеозойских геоструктур Кордильер и Австралийских Альп обусловила формирование россыпей золота (иногда с хромитом и платиной) и касситерита на побережье и шельфе Северной Америки и

Австралии. С вулканическими поясами, зонами позднемезозойско-кайнозойской складчатости и активизации связаны россыпные месторождения и проявления магнетита, титаномагнетита, хромита, золота, платиноидов во многих районах Тихоокеанского мегапояса.

В целом для позднемезозойско-кайнозойской металлогении характерны экзогенные месторождения. Наряду с механическими концентрациями тяжелых минералов в россыпях формируются физико-химические (коры выветривания), хемо- и биогенные скопления металлов и их соединений. Осадочные толщи юрского, мелового, палеоген-неогенового возраста с аномальной металлоносностью часто служат промежуточными коллекторами полезных ископаемых по отношению к молодым (плейстоцен-голоцен) россыпям.

Размещение и состав россыпеобразующих формаций, в т.ч. промежуточных коллекторов, являются основной предпосылкой россыпной металлоносности и алмазонасности шельфовых областей. Дальнейшие процессы перемещения и аккумуляции минералов в благоприятных условиях могут привести к формированию россыпей. Вероятность возникновения последних и их масштабы определяются палеогеографическими предпосылками, которые зависят от режима неотектонических движений и характера морфоструктур и геоморфологических элементов.

Как уже отмечалось, рельеф и морфоструктурный план в переходных зонах шельфовых областей способствуют возникновению благоприятных палеогеографических ситуаций. Чередование трансгрессий и регрессий моря создает своеобразные выровненные поверхности с сериями (лестницами) абразионных и аккумулятивных террас на суше в приморских низменностях и дне акваторий. Характерны затопленные и погребенные палеодолины, нередко захороненные поверхности выравнивания с корами выветривания. Такие обстановки хорошо изучены и описаны для многих регионов, где имеются россыпи золота, касситерита, ильменита, рутила, циркона, титано-магнетита, алмазов [Айнмер и Коншин, 1982; Иванова и др., 1987; 1987a]. Оконтуривание аналогичных ландшафтов и палеоландшафтов служит (при наличии россыпеобразующих формаций в областях питания) одним из приемов прогнозирования россыпных районов.

Кайнозойский чехол шельфовых областей состоит из структурно-формационных комплексов, отвечающих этапам седиментогенеза, фиксирующих смену условий осадконакопления. Ритмичное чередование морских, паралических и континентальных фаций в кайнозойской толще определяет главную особенность шельфового россыпеобразования - полигенный состав продуктивных горизонтов. Россыпи принадлежат к двум генетическим типам (рядам, группам): морскому и континентальному. Размещение первых контролируется положением береговых линий моря; особенно благоприятна ситуация сближенности в пространстве разновременных береговых линий и их незначительного удаления от источника питания.

Континентальные россыпи в шельфовых областях чаще всего являются аллювиальными, реже - делювиальными, элювиальными, эоловыми; встречаются россыпи озерного, карстового, водно-ледникового генезиса. Аллювиальные россыпи золота и касситерита, возникшие в периоды регрессий моря, впоследствии оказывались затопленными и погребенными под более молодыми осадками. Их размещение контролируется палеодолинами и палеодепрессиями.

Россыпные залежи различных генетических типов образуют в шельфовых областях латеральные и вертикальные ряды и сочетания. Примерами могут служить многие районы Южной Африки (алмазы в пляжевых, террасовых, аллювиальных, дефляционных фациях), Аляски и Новой Зеландии (золото в пляжевых и аллювиальных осадках), Индонезии, Малайзии, Таиланда (касситерит в аллювиальных, прибрежно-морских и остаточных месторождениях).

Следует особо остановиться на периодичности шельфового россыпеобразования (эпохи или этапы максимальной интенсивности процесса). В большинстве известных

россыпных районов продуктивные горизонты плейстоцен-голоценового возраста (иногда позднеплиоценового). Это относится практически ко всем россыпям ильменита, циркона, рутила, монацита, титаномагнетита, магнетита, хромита, платины, алмазов. Для золота и касситерита очень важна длительность процессов аккумуляции. Поэтому наибольшие скопления их минералов отмечаются в тех районах, где имели место древние (эоцен - олигоцен - миоцен - ранний плиоцен) эпохи или этапы россыпеобразования, по длительности существенно, иногда на 1-2 порядка, превышавшие «молодую» плейстоцен-голоценовую эпоху. Высокий потенциал древних этапов создавался не только за счет кумулятивного эффекта, но и в результате благоприятных палеогеографических условий (теплый и влажный климат, активная денудация, сближенность во времени с периодами пенеппенизации и корообразования, т.е. подготовки рудного вещества к транзиту и накоплению в россыпи). Такие условия характерны для обширных «пассивных» [Ганешин и др., 1978] шельфов, каковыми являются арктические [Геологическое строение..., 1984], западноохотоморские, австралийские (Тиморское и Арафурское моря), зондские (юг Южно-Китайского моря), восточнокитайские (Желтое море), мелководье вокруг Южного острова Новой Зеландии и др.

В высокоширотных областях с литогенезом полярного типа палеоген-неогеновые россыпи обычно законсервированы внутри толщи многолетнемерзлых пород и являются (на участках размыва) источниками рудных минералов для более молодых россыпей, которые в этих случаях играют роль «сигнальных» по отношению к древним концентрациям.

В плейстоцене и голоцене результативность процесса россыпеобразования была тесно связана с условиями морфолитогенеза, в частности - климатом и литогидродинамикой. Так, в полярных и субполярных шельфовых областях практически отсутствуют крупные скопления минералов титана, циркония, железа, редких земель. Все они располагаются в низкоширотных регионах на побережьях с интенсивным воздействием приливно-отливных, волновых и ветровых агентов абразии и аккумуляции.

По совокупности благоприятных предпосылок и факторов в шельфовых областях (их переходных зонах) выделяются зоны шельфового россыпеобразования, содержащие как известные россыпные зоны и районы с месторождениями и проявлениями, так и прогнозируемые.

Итак, основными особенностями россыпеобразования в шельфовых областях Мирового океана являются: тесная связь россыпей с областями питания, унаследованность их минерагенического профиля; приуроченность россыпей к определенным гео- и морфоструктурным элементам шельфовых областей (переходным зонам) с характерными неотектоническим режимом, рельефом и строением кайнозойской толщи; полифациальный состав россыпевмещающих горизонтов, наличие россыпей двух генетических типов (рядов) - прибрежно-морского и континентального, а также их сочетаний; периодичность процесса при значительной роли древних (палеоген - неоген) эпох или этапов россыпеобразования; зависимость от условий морфолитогенеза, в частности - климата и литогидродинамики.

В настоящее время ведется разработка россыпей ильменита, рутила, циркона, магнетита, титаномагнетита, монацита, касситерита, алмазов, золота, платины, хромита на пляжах, барах, морских террасах на суше, в лагунах, бухтах и на подводном береговом склоне до глубин моря 30-40 м. В связи с экологической обстановкой проявляется тенденция к переходу на большие глубины и значительное (>5-7 км) удаление от берега. Кроме того, осваиваются россыпи с более низкими содержаниями полезных компонентов, отчетливо стремление к комплексной добыче минерального сырья (включая гранаты, силлиманит, кианит, янтарь, фосфориты, стройматериалы, ракушники и т.д.). Увеличивается вклад в освоение прибрежно-морских россыпей развивающихся стран Африки, государств Юго-Восточной Азии и Океании.

Особое внимание в последние годы обращено на возможность извлечения из донных осадков шельфа тонко- и микрозернистых частиц и соединений золота и других металлов, имеющих в основном био- и хемогенное происхождение и требующих создания новых технологий переработки. Осадки с «тонким» золотом и другими металлами (шельфовые металлоносные осадки) представляют собой связующее звено в латеральном металлогеническом ряду между россыпями шельфовых областей и осадочными месторождениями абиссальных районов Мирового океана.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Айнемер А.И.* Шельфовые зоны как бассейны седиментогенеза // Седиментогенез и рудогенез. Л., 1984. С. 3-16.
2. *Айнемер А.И., Коншин Г.И.* Россыпи шельфовых зон Мирового океана. - Л.: Недра, 1982.
3. *Ганешин Г.С., Соловьев В.В., Чемяков Ю.Ф.* Структурные и структурно-геоморфологические особенности шельфов // Геоморфология и палеогеография шельфа. М., 1978. С. 9-12.
4. *Геологические критерии поисков россыпей* / Л.З. Быховский, С.И. Гурвич, Н.Г. Патык-Кара, И.Б. Флеров). М.: Недра, 1981.
5. *Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых*, Т. 9. Моря Советской Арктики / Под. ред. И.С. Грамберга, Ю.Е. Погребницкого. - Л.: Недра, 1984.
6. *Егиазаров Б.Х., Айнемер А.И., Иванова А.М.* Геошельфы - окраинно-материковые георазделы // Структура и история развития Сев. Ледов. океана. Л., 1986. С. 7-21.
7. *Егиазаров Б.Х., Айнемер А.И., Иванова А.М.* Геошельф - особая геоструктура Земли // Тез. докл. на III съезде советских океанологов. Геология, геофизика и геохимия океана. Л., 1987. С. 90-91.
8. *Иванова А.М.* Геодинамический режим - ключ к пониманию закономерностей россыпеобразования в шельфовых областях Восточной Арктики (в порядке постановки вопроса) // Геология и минералогия арктической области СССР. Л., 1981. С. 5-6.
9. *Иванова А.М.* Ландшафты шельфовых областей восточной Арктики (в свете задач прогнозного минерагенического районирования) Геология и минерагения арктической области СССР. Л., 1981. С. 28-39.
10. *Иванова А.М., Ушаков В.И., Суздальский О.В.* Кайнозойское россыпеобразование в шельфовых областях // Тез. докл. на VIII Всесоюз. совещ. по геологии россыпей. Киев, 1987. С. 33-34.
11. *Иванова А.М., Ушаков В.И., Егиазаров Б.Х.* Пояса и зоны шельфового россыпеобразования в Мировом океане // Тез. докл. на III съезде советских океанологов. Геология, геофизика и геохимия океана. Л. 1987 С. 105-107.
12. *Лихт Ф.Р.* Россыпеобразующие формации побережья и шельфа морей Востока СССР// Проблемы морских минеральных ресурсов. Владивосток, 1984. С. 48-64.
13. *Лобанов Д.Н.* Шельф и прибрежная суша - единый геологический и народнохозяйственный объект // Известия ВУЗов. Геология и разведка. 1980. № 9. С. 3-4.
14. *Шило Н.А.* Основы учения о россыпях. - М.: Наука, 1981.

**Ссылка на статью:**



*Иванова А.М., Суздальский О.В.* Россыпная минерагения шельфовых областей Мирового океана // Советская геология. 1992. № 6. С. 61-63.