

## *Экзогенная серия*

### *Россыпные месторождения*

*Общая характеристика. Типы россыпей (элювиальные, делювиальные, пролювиальные, литоральные, аллювиальные). Предпосылки формирования россыпей. Строение аллювиальной россыпи.*

Месторождения россыпей возникают благодаря концентрации ценных компонентов среди обломочных отложений в процессе разрушения и переотложения вещества горных пород и ранее существовавших месторождений полезных ископаемых, претерпевших физическое и химическое выветривание. По различным классификациям россыпные месторождения выделяют в виде самостоятельной группы или включают в осадочную группу как механический класс.

Полезные минералы россыпей включают в себя: золото, платину и платиноиды, уран, ниобий, вольфрам, бериллий, ртуть, железо, медь, драгоценные и поделочные камни – алмазы, изумруды, гранаты, корунд и др., а также – формовочные, строительные и стекольные пески.

Экономическое значение россыпных месторождений весьма значительное, что обусловлено рядом причин: малыми затратами при отработке поверхностных рыхлых образований с применением высокоэффективных способов добычи и обогащения (драги, сепараторы и пр.); присутствием весьма ценных полезных компонентов (алмазы, платина, золото и др.); часто встречающимся комплексом полезных компонентов (циркон-рутил-ильменитовые, алмазоносные золотые и др.); быстрой оборачиваемостью вложенных в разработку месторождений средств. Освоение россыпей дает примерно половину мировой добычи алмазов, ильменита, вольфрамита, шеелита, касситерита; около 20 - 30% золота, платины и значительный процент ряда других полезных компонентов.

В настоящее время существует несколько классификаций россыпных месторождений. В генетическом отношении наиболее приемлема та, которая основывается на определении генетических типов отложений, с которыми

связаны россыпи. В классе россыпных выделяются 2 подкласса – континентальных и прибрежно-морских (латеральных). В первый класс включены аллювиальные, пролювиальные, элювиальные, делювиальные, ледниковые, карстовые и эоловые типы; во второй – дельтовые, подводные аллювиальные, пляжевые, баровые, пересыпные (косовые), береговых валов, подводного склона и лагунные. Помимо природных выделяют и россыпи техногенного характера.

По связи с коренными источниками выделяют россыпи ближнего (элювиальные, делювиальные, пролювиальные, ложковые, карстовые, некоторые аллювиальные, эоловые, озёрные) и дальнего сноса – латеральные (часть аллювиальных, дельтовые, мелководно-морские). Различают россыпи древние и современные, сформированные в голоцене.

По времени образования россыпи могут быть *современными и древними* (ископаемыми), по условиям залегания они делятся на *открытые и погребенные*, по форме среди них различают *плащеобразные, пластовые, линзовидные, лентовидные и гнездовые*. Размеры россыпей колеблются в широких пределах. Косовые и русловые россыпи верховьев рек имеют протяженность до 10-15 км. Долинные россыпи протягиваются на сотни километров.

*Предпосылки образования россыпей.* Для формирования месторождений россыпного генезиса необходимо сочетание ряда факторов:

1. присутствие в области питания россыпеобразующих минералов;
2. предварительная концентрация этих минералов;
3. интенсивное разрушение источников и глубокий эрозионный срез в областях денудации;
4. тектонически устойчивые разнонаправленные движения крупных блоков земной коры;
5. присутствие долгоживущих динамических ловушек полезных минералов.

Россыпеобразующие минералы это абразивно и химически стойкие высокоплотные минералы. Они концентрируются в тяжелой фракции отложений терригенного происхождения. По плотности ценные минералы слагают следующий ряд: золото – 15 – 19, платина – 14 – 19, касситерит – 6,8 – 7,1, гранаты – 3,5 – 4,2, алмаз – 3,5.

Возможности формирования россыпей тех или иных минералов зависят от их физических свойств – твёрдости, способности к истиранию спайности, хрупкости, смачиваемости, гидродинамических характеристик. Так, киноварь и вольфрамит обладая совершенной спайности подвержены истиранию и разрушению. Вязкость янтаря и его низкий удельный вес, обуславливающий его способность к всплыванию приводят к его высокой подвижности и сохранности в потоках рассеяния. Мягкость и большой удельный вес пластинчатого золота не препятствует его переносу на большие расстояния, чему способствуют его высокие гидравлические характеристики.

Источниками россыпей служат как магматические породы, обогащённые акцессорными минералами, как – редкометалльные граниты; эндогенные рудопроявления и месторождения (коренные); древние осадочные породы, обогащённые полезными компонентами; древние россыпи (промежуточные коллекторы).

Интенсивное разрушение коренных источников россыпей взаимосвязано с предыдущими эпохами интенсивного выветривания и перерывов в осадконакоплении. Такое первичное разрушение коры выветривания создаёт предпосылки для первичного обогащения россыпей полезными компонентами вплоть до образования аллювиальных россыпей. Для образования прибрежно-морских россыпей большое значение имеет глубокое химическое выветривание в сочетании с интенсивным механическим разрушением пород.

Наличие глубокого эрозионного среза питающих провинций и длительность денудации являются необходимыми условиями формирования продуктивных россыпей.

*Элювиальные россыпи* (рис. ) возникают на месте залегания коренных пород, контуры их примерно совпадают. Россыпи могут быть небогащенными, если представляют собой развалы вещества полезного ископаемого, и обогащенными, если «пустые» породы частично вымыты водами плоскостного стока.

*Делювиальные россыпи* формируются при сортировке обломочного материала в процессе его плоскостного смыва. Строение россыпи зависит от угла склона, мощности делювия, параметров обломков (формы, размеров, плотности), климатических, гидрогеологических и инженерно-геологических факторов. Длина россыпей достигает десятки – первые сотни метров. Максимальное содержание ценных минералов - в вершинах россыпей.

*Аллювиальные россыпи* образуются за счет дифференциации и отложения перемещаемых донных осадков.



*Рис. Схема размещения россыпных месторождений различных видов в поперечном сечении речной долины.*

С аллювиальными россыпями связаны значительные объёмы запасов золота, платины, алмазов, вольфрама и самоцветов. Чаще всего это россыпи ближайшего сноса.

В разрезах россыпей выделяют снизу вверх такие элементы (рис.):

1) плотик, - бывает коренной, сложенный коренными породами дна речной долины, и ложный, подстилающий верхние залежи сложных россыпей, и представленный обычно глиной;

2) пласт или пески, состоят из валунно-галечных образований, содержащих в качестве связующего материала песчаную и глинистую

фракции, и концентрирующих основную массу тяжелых минеральных частиц;

3) торфа, представляют собой песчано-глинистые осадки, обедненные тяжелыми минералами;

4) почвенный слой.

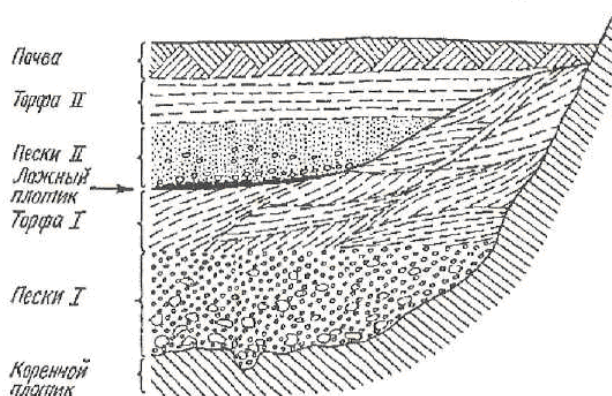


Рис. Схема строения аллювиальной россыпи в поперечном сечении.

В случае наличия в составе аллювиального разреза двух и более металлоносных пластов, осадки, подстилающие верхний пласт именуют ложным плотиком. Важным показателем продуктивности русловых россыпей является строение плотика. Чем сложнее оно, тем контрастнее будет распределение полезных компонентов.

Минералы россыпей приурочиваются к нижним частям аллювиальных отложений, к стержневым осадкам русел. Аллювиальные россыпи образуют лентовидные и линзообразные тела, вытянутые вдоль речной долины. Распределение полезных компонентов в них неоднородно и струеподобно.

*Проллювиальные россыпи* встречаются в предгорных аридных областях и приурочены к отложениям конусов выноса и блуждающих русел. Они развиваются за счет смывания обломочного материала со склонов временными потоками. Обломки слабо окатаны и плохо сортированы с уменьшением их крупности на периферии конусов выноса.

*Прибрежно-морские россыпи* – это наиболее крупные по протяженности месторождения (до 1000 км, Квинсленд – Новый Южный Уэльс, Австралия). Источниками поступления ильменита, рутила,

лейкоксена, магнетита и титаномагнетита служат области базальтоидного и андезитового магнетизма, комплексы ультрабазитов. Щелочные и кислые интрузивы — для циркона и монацита, метаморфические породы — для акцессорных гранатов, силлиманита, кианита и ставролита. Одной из важнейших особенностей прибрежно-морских россыпей является возобновляемость их запасов, которые восстанавливаются по происшествии нескольких штормовых сезонов. Данному типу россыпей присуще высокое качество руды, обусловленное длительной сортировкой осадочного материала.

Среди прибрежно-морских россыпей можно выделить следующие разновидности: пляжевые, баровые, косовые, береговых валов, лагун, дельт и подводного склона. По отношению к урезу воды выделяют россыпи, находящиеся над уровнем моря и подводные. Россыпи золота, платины, касситерита отлагаются преимущественно в затопленной разновидности.

Прибрежно-морские россыпи отлагаются при наличии следующих предпосылок:

1. наличия продуктивных источников обломочного материала в виде дельт или ледниковых отложений;
2. присутствие в береговой зоне магматических и метаморфических пород, обогащённых россыпеобразующими минералами;
3. формирование интенсивных вдольбереговых потоков в прибрежной зоне шельфа, обусловленных активной гидродинамикой, определяемой активной ветровой, приливно-отливной и волноприбойной деятельностью;
4. предшествующие современным эпохи формирования россыпей и вторичных коллекторов;
5. оптимальный ход консидаментационных движений, который обуславливает длительный активный лито- и гидродинамический режим прибрежно-морской полосы.

Формирование *озёрного* типа россыпей подобно условиям образующим прибрежно-моские.

*Карстовый тип* россыпей относят к образованиям ближнего сноса. Для них характерно: положение в карстовых провалах и пещерах; близкое присутствие коренных рудных источников; пространственная и временная связь с корами глубокого химического выветривания; расположение в основании карстовых отложений; примесь хорошо отсортированного песчаного материала и щебёнки карбонатных пород, повышенная глинистость; неравномерное, часто гнёздовое распределение полезных компонентов, присутствие весьма богатых участков; небольшие размеры (мощности — первые метры, длина и ширина — десятки метров). Часто данные россыпи связаны с зонами трещиноватости или контактами карбонатных и силикатных пород.

*Золовому типу россыпей* присущи: хорошая окатанность и отполированность песчаных зёрен; приуроченность полезных концентраций к основанию наветренных частей барханов и дюн; линзовидно-полосчатая форма в плане, простирающаяся поперёк генеральному направлению ветров; небольшие масштабы.

Наиболее распространены современные россыпи всех генетических классов. Также широко известны верхнее- и нижнечетвертичные россыпные месторождения. Среди третичных отложений известны аллювиальные и прибрежные морские циркон-рутил-ильменитовые россыпи в Приднепровье, Зауралье, Сибири; аллювиальные золотые и платиновые россыпи Урала, золотые россыпи Восточного Забайкалья, Салаира, Алдона. В меловых осадках известны циркон-ильменитовые морские россыпи (Украина, кийская свита Сибири, Кузнецкий Алатау). В юрских толщах — золотые россыпи Урала, Байкало-Витимского нагорья и Енисейского кряжа, Волыни. Наиболее редки россыпи палеозойской группы.

**Проектное задание:** Изучить особенности формирования россыпных месторождений.

### **Вопросы для самоконтроля знаний:**

1. Что такое россыпь?
2. Как разделяются россыпи по условиям образования?
3. Как разделяются россыпи по времени образования?
4. Как разделяются россыпи по условиям залегания?
5. Какие ценные минералы концентрируются в россыпях?
6. Что такое элювиальные россыпи, примеры месторождений?
7. Что такое делювиальные россыпи, примеры месторождений?
8. Как образуются пролювиальные россыпи, примеры месторождений?
9. Литоральные россыпи (образование, полезные ископаемые и примеры месторождений)?
10. Что означают термины «континентальные» и «прибрежно-морские россыпи»?

### ***Осадочные месторождения***

*Общая характеристика осадочных месторождений. Классификация месторождений (механогенные, хемогенные, биогенные). Механогенные месторождения (гравийные, песчаные, глинистые). Особенности осадочных месторождений образованных из истинных растворов. Представления об образовании солей. Примеры месторождений. Месторождения, образованные из коллоидных растворов (месторождения железа, марганца, алюминия). Концентрация цветных и редких металлов в черных сланцах. Биохимические месторождения. Источники фосфора в месторождениях фосфоритов. Месторождения карбонатных и кремнистых пород. Осадочные месторождения горючих полезных ископаемых (месторождения сапропеля, торфа, угля, горючих сланцев).*

Осадочными называются месторождения, возникшие в процессе осадконакопления на дне водоемов. По месту образования они разделяются на речные, болотные, озерные и морские. Кроме того, различают месторождения платформенные и геосинклинальные.

По характеру осадконакопления в группе осадочных месторождений выделяют четыре класса: 1) механические; 2) химические; 3) биохимические; 4) вулканогенно-осадочные.

Тела полезных ископаемых этой группы залегают согласно с вмещающими их породами, обычно занимают строго определенную стратиграфическую позицию и имеют форму пластов, линз. Лишь вследствие метаморфизма и тектонических движений могут быть деформированы и приобрести более сложные очертания. Размеры таких пластов (особенно в морских осадочных месторождениях) могут протягиваться на десятки, а иногда и сотни километров, мощность при этом колеблется от 0,5 до 500 метров.

Осадочные месторождения полезных ископаемых имеют крупное значение. Среди них известны: месторождения строительных материалов (гравий, песок, глины, сланцы, известняки, доломиты, мергели, гипс, яшма); ископаемых солей, фосфатов, руд железа, марганца и алюминия, а также некоторых цветных и редких металлов (уран, медь, ванадий); месторождения горючих ископаемых (уголь, горючие сланцы, нефть, газ). Среди осадочных месторождений известны современные, но более распространены древние полезные ископаемые, которые формировались во все периоды геологической истории от докембрия до кайнозоя.

#### ***Механические осадочные месторождения.***

Типичными представителями этой группы месторождений могут служить месторождения гравия, песка и глины.

Месторождения гравия по условиям образования подразделяются на : 1) временных гонных потоков и их конусов выноса; 2) отложения рек; 3) отложения ледников (зандры, озы (водно-ледниковые отложения), камы и камовые террасы (валунные отложения материковых льдов)); 4) прибрежные озерные и морские. В основном используются современные, т.к. древние сильно уплотнены.

Месторождения песка по условиям образования разделяются на: 1) элювиальные; 2) делювиальные; 3) пролювиальные; 4) аллювиальные; 5) флювиогляциальные; 6) озерные; 7) морские; 8) эоловые. Наибольшее практическое значение имеют аллювиальные, озерные и морские пески. По составу среди них выделяют мономинеральные (олигомиктовые) и полиминеральные (полимиктовые). По возрасту известны чаще всего современные пески, реже третичные и еще реже юрские и меловые.

Месторождения глины по условиям образования подразделяются на : 1) глины кор выветривания; 2) делювиальные; 3) аллювиальные; 4) озерные; 5) морские; 6) ледниковые; 7) лессовые.

Их главными минералами являются: каолинит  $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$ , галуазит  $Al[Si_4O_{10}](OH)_8 \cdot 4H_2O$ , монтмориллонит, пиррофиллит  $Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2$ , гидрослюда,

#### ***Химические осадочные месторождения.***

Среди хемогенных осадочных месторождений различают образованные из истинных растворов, к которым принадлежат соли, гипс, ангидрит, бораты, барит; и месторождения, возникшие из коллоидных растворов, включающие руды железа, марганца, алюминия, некоторых цветных и редких металлов.

Соли -эвапоритовые месторождения минеральных солей состоят из хлоридов и сульфатов натрия, калия, магния и кальция с примесью бромидов, йодидов, боратов.

Большинство залежей солей содержит в качестве главного компонента – галит, почти всегда в различных количествах присутствуют гипс и ангидрит, а также примесь карбонатно-глинистого материала. Содержание остальных минералов колеблется в широких пределах в зависимости от условий образования соляных месторождений. По условиям образования среди них выделяются: 1) природные рассолы современных соляных бассейнов; 2) соляные подземные воды; 3) залежи минеральных солей современных бассейнов; 4) ископаемые соли.

Залежи современных солей формируются в бассейнах двух типов: 1) связанных с морем и питающихся морской водой; 3) континентальных, питающихся водами суши.

Соленосные бассейны морских побережий возникают вследствие колебательных движений земной коры. При опускании пониженных участков они заливаются морской водой, в дальнейшем такие участки отшнуровываются от моря барами, косами с образованием лиманов, лагун, и прибрежных озер. В условиях сухого, жаркого климата с течением времени они осолоняются и превращаются в соляные и солеродные бассейны (рис.). Такие бассейны известны в Крыму (Саки, Данузлав); на побережье Азовского моря (Сиваш); Каспийского моря (Кара-Богазгол); Аральского (Джаксыклыч).

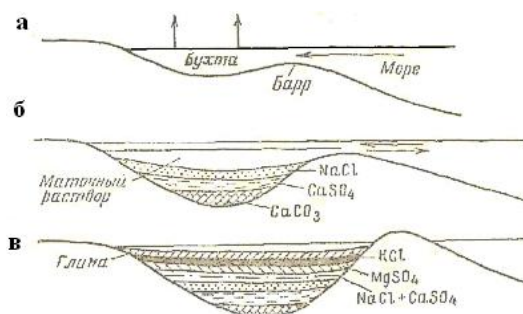


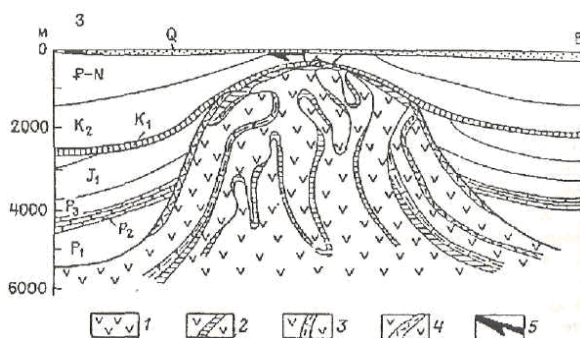
Рис. Схема солеобразования. а-начальная стадия притока воды из моря и образование карбонатов; б-средняя стадия отложения солей Ca и Na и образования маточного раствора; в- конечная стадия отложения солей K и Mg и перекрытие соляной залежи слоем глины.

Континентальные соленые озера возникают в плоских бессточных котловинах сухих и жарких областей при систематическом выпаривании поступающих в них поверхностных и подземных вод. Они известны в Западно-Сибирской, Туркменской низменностях, в Эмбекском районе, Монголии и др.

Соляная масса современных бассейнов состоит из рапы (соляного рассола) и самосада (твердых соляных накоплений), находящихся в состоянии подвижного равновесия. Выделяют три типа рассолов соляных озер: карбонатный или содовый, сульфатный и хлоридный.

Ископаемые залежи минеральных солей формировались в прошлые геологические эпохи в обстановке аридного климата в процессе испарения морской воды в относительно изолированных лагунах. (Содержание солей в воде современного Мирового океана в среднем 3,5% или 35 грамм на 1 кг воды, а в Красном море – 4,2%). Порядок кристаллизации солей из морской воды зависит от: исходного состава, количества солей, пределов совместной растворимости, температуры и времени испарения. Установлено, что основные сочетания солей, образующихся при испарении морской воды, обусловлены равновесием водных растворов пятерной системы: Na, K, Mg, SO<sub>4</sub>, Cl. Обычно выпадение солей из морской воды происходит в следующей последовательности: 1) карбонаты Ca и Mg; 2) гипс; 3) галит с гипсом; 4) галит с ангидритом; 5) галит с полигалитом; 6) сульфаты калия и магния (гексагидрит); 7) астраханит и сульфат магния (эпсомит); 8) каинит; 9) карналлит; 10) бишофит, после выделения сульфата кальция кристаллизация всех солей идет в сопровождении галита. Все известные крупные месторождения каменной соли, гипса и ангидрита формировались в предгорных прогибах или синеклизах платформ. Это Предуральский, Предкарпатский, Донецкий прогибы, а также Прикаспийская, Днепровско-Донецкая, Вилуйская и другие синеклизы.

Многие соляные месторождения характеризуются специфической «соляной тектоникой», обусловленной низкой плотностью и высокой пластичностью солей. Выжимание соляных масс приводит к возникновению соляных куполов и диапиров (рис.).



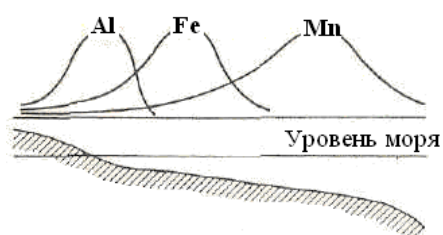
*Рис. Складчатость нагнетания в ядре диапирового соляного купола. Ядро сложено породами пермского возраста. (по А. Бенцу). 1-соль, 2-глина, 3-известняки, 4-ангидрит, 5-битум.*

### **Осадочные месторождения железа, марганца и алюминия.**

Осадочные месторождения этого типа формируются из суспензий и коллоидных растворов на дне водных бассейнов в сходных геологических условиях.

Источник материала для этих месторождений – континентальная кора выветривания, продукты разложения которой сносятся поверхностными и грунтовыми водами. Максимальное количество железа мобилизуется при разложении основных пород с высоким содержанием этого металла. Для накопления бокситов, наоборот, наиболее благоприятны кислые породы, а для марганца – толщи пород с повышенным содержанием марганца.

Накопление руд железа, марганца и алюминия может происходить в речных, озерных и морских водоемах. Перенос соединений железа, марганца и алюминия речными водами происходит в форме тонких взвесей, коллоидных и истинных растворов. Отложение соединений всех трех металлов происходит в прибрежной зоне озер и морей, под воздействием электролитов (растворы HCl и другие), коагулирующих коллоиды металлических соединений и переводящих их в осадок. В связи с различной геохимической подвижностью соединений железа, марганца и алюминия происходит их дифференциация в прибрежной зоне водоемов. В ходе этой дифференциации вначале и ближе к берегу накапливаются бокситы, затем в верхней части шельфа – железные руды, а еще далее, уже в нижней части шельфа происходит садка марганцевых руд (рис.). Так как железо в этом дифференциальном ряду находится между алюминием и марганцем, в



*Рис. Дифференциация руд алюминия, железа и марганца в прибрежной части водоема.*

природе довольно часто встречаются железо-марганцевые и железо-алюминиевые осадочные месторождения, в то время как алюминий и марганец обычно совместно не встречаются.

Месторождения железа распространены очень широко и по экономическому значению занимают второе место среди других генетических типов железных руд. Они имеют форму пластов, вытянутых линз, пластообразных залежей и гнезд. Размеры их достигают крупных величин – в длину десятки, иногда сотни километров; в ширину – несколько километров; мощность – десятки метров. Примером являются железные руды Керченского бассейна, выполняющие отдельные мульды.

По минеральному составу руды осадочных месторождений железа разделяются на три группы: 1) окисно-гидроокисные; 2) карбонатные; 3) силикатные.

Окисно-гидроокисные руды бурых железняков состоят в основном из лимонита, гетита, гидрогематита, гематита, магнетита.

Карбонатные руды в основном представлены сидеритом.

Силикатные руды содержат значительные количества железистых хлоритов: шамозита  $Fe_4Al[AlSi_3O_{10}](OH)_6 \cdot nH_2O$ .

Кроме того состав всех трех групп железных руд пополняется гидроокислами и окислами марганца, кварцем, халцедоном, кальцитом, баритом, глинистыми минералами, иногда сульфидами.

Н. Страхов выделяет семь главных и серию мелких эпох накопления железных руд в истории формирования осадочной оболочки Земли. В первую, наиболее древнюю докембрийскую произошло отложение грандиозных масс железа, фиксированных в месторождениях железистых кварцитов.

1. Докембрийская эпоха – железистые кварциты; Кривой Рог, КМА; отложения платформ: Северо-Американской (озеро Верхнее), Южно-Американской, Африканской, Индийской.

2. Кембрийская эпоха – осадочные месторождения железных руд; Енисейский креп, Казахстан, Англия, Испания, Аппалачи.

3. Ордовикская эпоха – гематит-шамозит-сидеритовые руды; Тюрингия, Чехословакия, Британия.

4. Силурийская эпоха – гематит-шамозитовые клинтонские руды; Северная Америка.

5. Каменноугольная эпоха – железорудные месторождения; Центральный Казахстан, Урал, Англия.

6. Юрская эпоха – осадочные месторождения платформ; Русская и Сибирская платформы, Урал, Кавказ.

7. Эпоха верхнего неогена – оолитовые руды Франции, Люксембург; осадочные морские месторождения Керченские; коры выветривания Куба, Австралия, Индия.

Месторождения марганца так же, как и железа, имеют форму пластов, пластообразных и линзовидных залежей. Размеры их обычно несколько меньше железорудных, но все же достигают длины в несколько километров, ширины – сотен метров, а мощности до 20 метров.

По минеральному составу осадочных и метаморфизованных руд А. Бетехтин выделяет: окисно-гидроокисные, карбонатные и силикатные руды.

Окисно-гидроокисные состоят из псиломелана, пиролюзита, лимонита, глинистых миллорелов опала, а в окислых рудах морского происхождения в качестве ведущего минерала встречается манганит.

Карбонатные руды состоят из родохрозита, манганокальцита, опала, марказита, пирита, глауконита, барита.

Силикатные руды состоят из родонита  $\text{CaMn}_4[\text{Si}_5\text{O}_{15}]$ , бустамита  $(\text{Mn}, \text{Ca})_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$ , марганцевых гранатов в смеси с карбонатами марганца, кварцем, гематитом, магнетитом.

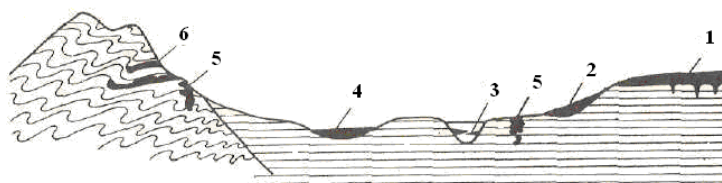
По условиям образования выделяются морские, на долю которых приходится 80% всех мировых запасов марганцевых руд и континентальные (озерные и болотные), имеющие ничтожное значение.

Морские осадочные руды почти все имеют кайнозойский возраст и, как правило, приурочены к горизонтам кремнистых или кремнисто-глинистых осадков, располагающихся обычно в основании трансгрессивно залегающих толщ осадочных пород. Примером является Чистурское, Никопольское, Марсятское, Полуночное (Северный Урал).

### **Осадочные месторождения бокситов.**

Боксит – тонкодисперсная порода, состоящая из гидратов окиси алюминия – диаспоров, бемита, гидраргиллита и подчиненного количества окислов и гидроокислов железа, кварца, опала, каолинита, карбонатов и других примесей. Качество бокситов определяется как составом и содержанием  $Al_2O_3$ , так и присутствием вредных примесей, главной из которых является кремнезем.

Образование осадочных месторождений бокситов происходило за счет размыва, переноса и отложения латеритных продуктов выветривания в водных бассейнах: речных, озерно-болотных, лагунных, морских. В зависимости от места накопления и особенностей геологического строения выделяют: остаточные коры вветривания, геосинклинальные месторождения бокситов и платформенные. (рис.)



*Рис. Схема соотношения месторождений бокситов, различных по условиям образования. 1-остаточные (латеритные), 2-склоновые (делювиально-пролювиальные), 3-долинные (аллювиальные), 4-котловинные, 5-карстовые, 6-геосинклинальные.*

Геосинклинальные месторождения бокситов формировались в прибрежно-морской обстановке в краевых частях геосинклинальных прогибов, в зоне примыкания их к платформам.

Платформенные месторождения бокситов располагаются на окраинах синеклиз и в небольших котловинах. Их формирование происходило в речных, озерно-болотных и лагунных бассейнах, благодаря чему в составе бокситов этого типа большая роль принадлежит терригенным осадкам: пескам, глинам, углистым образованиям. К месторождениям этого типа относятся: Тихвинское (Ленинградская область), Тиманское (Коми АССР).

### ***Черносланцевые толщи.***

В настоящее время большая группа промышленно важных металлов обнаруживается в так называемых черных сланцах. Формирование таких рудных скоплений связывается с различными и часто комплексными процессами, среди которых реальную роль играет их осадочное образование.

*Черные сланцы* битуминозной формации часто содержат рассеянную вкрапленность сульфидов железа, меди, молибдена, оксидов урана и ванадия, иногда достигающую промышленной концентрации. Кроме того, в их состав входят никель, хром, титан, кобальт, цинк, свинец, серебро, золото, цирконий, лантан, скандий, бериллий, торий и другие элементы.

Ураноносные углеродсодержащие черные сланцы известны среди осадков различного возраста от протерозойских до альпийских. Первичная концентрация урана в них низкая и составляет тысячные, - сотые доли процента. Однако огромные массы таких сланцев нередко сосредотачивают грандиозные запасы урана. Уран в них находится в формах уран-органических комплексов, сорбированных ионов и изоморфного замещения кальция в коллофане. Пример – формация Чаттануга в США (запасы урана 5 млн. т при содержании урана в 0,066%).

Примером месторождения меди служит Мансфельд в Германии. Пласт битуминозных мергелистых сланцев мощностью 20-40 см прослеживается на расстоянии нескольких километров и в нем рассеяны борнит, сфалерит,

халькопирит, реже пирит, галенит, блеклая руда, самородное серебро. Руда содержит также повышенные количества молибдена, ванадия, никеля, платину, палладий, рений. В образовании таких руд также большую роль играют биохимические процессы. Руда рассматривается как продукт взаимодействия морской воды, содержащей металлы с десульфуризирующими бактериями сапропелевого ила на дне моря.

Концентрация металлов, первично рассеянных в черных сланцах, существенно возрастает в результате их диагенетических преобразований. Подобные образования частично имеют биохимический генезис, так как в этих осадках большую роль играло органическое вещество.

Первичное рассеянное накопление металлов в черных сланцах характерно и для золоторудных месторождений, которых часто называют «черносланцевыми». Однако формирование месторождений из рассеянного осадочного золота происходит только после катагенетических, метаморфических или гидротермальных преобразований золотоносных толщ, когда происходит мобилизация рудных компонентов и их вторичная концентрация в благоприятных физических и химических условиях.

### ***Биохимические месторождения***

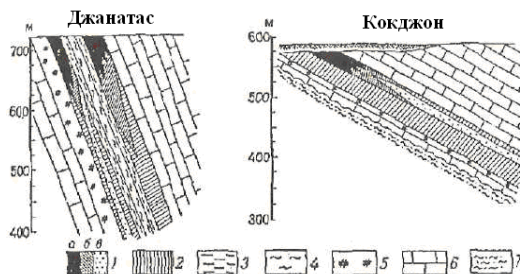
Образование биохимических осадков, включающих полезные ископаемые, обусловлено способностью некоторых животных и растительных организмов концентрировать при жизнедеятельности большие количества тех или иных химических элементов.

Биохимическое осадочное происхождение имеют месторождения известняков, доломитов, мергелей, диатомитов, фосфоритов, урана, ванадия, серы, а также твердых, жидких и газообразных каустобиолитов. Главными типами биохимических осадочных месторождений являются фосфоритовый, горючих полезных ископаемых, карбонатных и кремнистых пород.

#### ***Фосфориты***

Среди фосфоритов выделяются морские и континентальные месторождения. Морские фосфоритовые залежи обычно имеют пластовую

или пластообразную форму и обладают большими размерами. Например, на месторождениях Каратау в Западном Казахстане зона распространения фосфоритовых пластов вытянута на 100 км при ширине 40-50 км, содержит от одного до семи пластов (рис.).



*Рис. Схема размещения типов руд на месторождениях Джанатас и Кокджон район х.Каратау. (по А.М. Тушиной). 1-3 фосфатные руды: 1-богатые (а- низкомагнезиальные, б-магнезиальные, в- высокомагнезиальные); 2-рядовые; 3-бедные; 4-фосфатно-кремнистые руды; 5-кремнистые руды; 6-доломиты; 7-песчаники, алевролиты.*

Континентальные месторождения менее значительны по размерам. Они представлены корами выветривания; аллювиальными скоплениями фосфоритизированных остатков ископаемых позвоночных; концентрациями экскрементов летучих мышей и птиц (гуано).

Источником фосфора для фосфоритовых месторождений служит сравнительно легко растворимый апатит магматических пород. Фосфор, сносимый в морские водоемы, усваивается животными и растительными организмами. Концентрация фосфора в костях, панцирях, тканях и крови морских организмов достигает значительных размеров.

По мнению некоторых геологов, основным источником фосфора, растворенного в морской воде, является фосфор, привносимый подводными вулканическими эксгаляциями.

Отложение фосфатных соединений на дне моря может осуществляться двумя способами — биологическим и биохимическим.

В первом случае в результате отмирания морских организмов и скопления их на дне моря, согласно схеме Колле, сначала происходит

разложение органического вещества с образованием углекислого аммония и фосфорнокислого кальция. Затем взаимодействие этих соединений приводит к выделению фосфорнокислого аммония. Далее фосфорнокислый аммоний реагирует с известковистыми раковинами, образуя фосфорит. Эта схема приложима в основном для образования платформенных фосфоритов.

Фосфоритовое месторождение может образоваться при наличии глубинного течения, направленного из глубокой части к берегу водоема. Когда глубинные холодные воды, насыщенные  $\text{CO}_2$  и  $\text{P}_2\text{O}_5$ , подводятся глубоководными течениями в область материкового шельфа, уменьшается парциальное давление  $\text{CO}_2$ . Вследствие уменьшения парциального давления  $\text{CO}_2$  в этих восходящих слоях морской воды система ранее установившегося равновесия нарушается, и воды становятся перенасыщенными по отношению к  $\text{CaCO}_3$  и  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaF}_2^{2+}$ . Так возникают условия для химической садки кальцита и фосфорита, их концентрации на склоне шельфа. Пример – месторождения Каратау (Казахстан), Фосфория в США.

Для фосфоритовых месторождений характерна связь с определенными геологическими эпохами. Более 80% фосфоритовых руд сосредоточено в отложениях трех эпох: венд-кембрийской, пермской и поздней мел-палеогеновой.

Все фосфориты характеризуются повышенным содержанием радиоактивных минералов U, Th, Y, Sc, Mo, V, Ba, Cr, F.

### ***Карбонатные породы***

Месторождения биогенных известняков и доломитов является ценным цементным сырьем, кроме того, используется в качестве облицовочного и строительного материала, минеральных добавок и удобрений в сельском хозяйстве.

Среди биогенных карбонатных пород выделяют: строматолитовые и онколитовые известняки и доломиты, органогенно-детритовые, органогенные (ракушечники), органогенно-обломочные известняки, мел.

Биогенные карбонатные породы накапливаются в условиях хорошо прогреваемых мелководных морей, коралловых аттолов, брахиоподовых и устричных банок. Соленость должна быть нормальной, а гидрофизические условия благоприятные для массового развития скелетных организмов.

### ***Кремнистые породы.***

Источником кремния является кремнезем, находящийся в морской воде, который усваивается различными организмами. Среди кремнистых пород, представляющих интерес как полезные ископаемые различают диатомиты, трепелы, опоки.

*Диатомит* – тонкозернистая пористая порода, состоящая главным образом из мельчайших панцирей диатомовых водорослей, накопившихся вследствие их массовой гибели.

*Трепел* – также тонкозернистая порода, состоящая из мельчайших округлых телец опала, и халцедона с остатками радиолярий, спикул губок и фораминифер.

*Опоки* – более плотные кремнистые породы, состоящие из аморфной массы кремнезема в смеси со скелетами диатомей, радиолярий и губок; они рассматриваются как частично преобразованные диатомиты и трепела. В докембрии и раннем палеозое преобладали хемогенные кремнистые осадки, затем они все более и более вытеснялись биогенными осадками, питательной средой которых является кремнезем, привносимый поверхностными водами в моря, океаны, так и кремнезем подводных вулканических эксгаляций.

### ***Месторождения горючих полезных ископаемых***

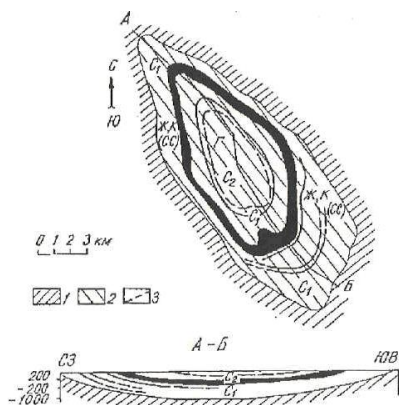
Месторождения углей принадлежат к образованиям фитогенным, связанным с жизнедеятельностью древних растений. При неполном разложении отмерших растений, осуществлявшемся при дефиците кислорода, происходило постепенное накопление органической массы, представляющей собой исходный материал для углеобразования. Первичная

органическая масса ископаемых углей разделяется на сапропелевую и гумусовую.

Сапропелевые осадки формировались при накоплении на дне водоемов отложений простейших, главным образом планктонных водорослей, ткани которых состоят преимущественно из белков и жиров при незначительном количестве клетчатки.

Гумусовые осадки возникали при накоплении и последующем преобразовании на дне водоемов отмерших высших растений. Эти растения накапливались автохтонно на месте их произрастания или аллохтонно, сносась в пониженные части рельефа водными потоками. В озерно-болотных водоемах возникали лимнические, в прибрежно-морских паралические угли.

Захоронение органической массы под перекрывающими осадками, диагенез и последующий метаморфизм приводили к углефикации и образованию ископаемых углей (бурый, каменный, антрацит, шунгит и графит). Примеры месторождений Экибастузский (рис.), Минусинский, Челябинский, Кузнецкий, Донецкий угольные бассейны.



*Рис. Схема Экибастузского угольного бассейна. 1-доугольные породы; 2-угленосные отложения нижнего карбона; 3-основной угольный горизонт. Марки углей: СС- слабоспекающийся; Ж-жирный; К- коксовый; Г- газовый.*

### ***Месторождения горючих сланцев***

Горючими сланцами считают карбонатные, кремнистые или глинистые породы, содержащие органическое вещество в количестве 15 — 40%. Они являются низкокалорийным топливом и ценным химическим сырьем. В

настоящее время разработка таких месторождений ведется главным образом в Китае, России и Эстонии, в небольших объемах — в США, Германии, Швеции, Бразилии и Израиле. Горючие сланцы могут быть гумусовыми, сапропелевыми и смешанными. Промышленное значение имеют лишь сапропелевые сланцы. Среди месторождений горючих сланцев известны образования всех периодов – от кембрийского до третичного.

**Проектное задание:** Изучить особенности формирования осадочных месторождений

**Вопросы для самоконтроля знаний:**

1. Что такое осадочные месторождения?
2. Промышленное значение осадочных месторождений.
3. Как образуются механические осадочные месторождения, и какие полезные ископаемые с ними связаны?
4. Как происходит процесс хемогенного осадконакопления?
5. Месторождения солей, условия образования, примеры месторождений.
6. Приведите примеры месторождений железа, марганца и алюминия осадочного происхождения.
7. Что означает термин «геохимический барьер»?
8. Какие месторождения принято относить к биохимическим?
9. Какие породы относятся к карбонатным?
10. Перечислите кремнистые породы.
11. Приведите примеры месторождений угля.