

Лекция № 9

Месторождения редких металлов (тантал, ниобий, циркон, редкие земли)

Редкие элементы — это малораспространенные в земной коре (кларк $< 0,03\%$) **новые**¹ металлы, так как они открыты за последние 50-200 лет, и их применяют в промышленности только 30-50 лет.

Если цветные, малые и благородные металлы несмотря на их низкие кларки, часто используются в повседневной жизни, то редкие металлы находят применение, как правило, лишь в новых областях народного хозяйства, техники и науки.

1 Новыми редкие металлы справедливо назвал академик В. И. Смирнов (1967). Редкие — не вполне корректный термин, т. к. кларк менее $0,03\%$.

Редкие металлы в периодической системе Д.И.Менделеева

I	II	III	IV	V	VI	VII
Li литий	Be бериллий	B	C	N	O	F
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
K	Ca	Sc скандий	Ti	V ванадий	Cr	Mn
Cu	Zn	Ga галлий	Ge германий	As	Se селен	Br
Rb рубидий	Sr стронций	Y иттрий	Zr цирконий	Nb ниобий	Mo	Br
Ag	Cd кадмий	In индий	Sn	Sb	Te теллур	I
Cs цезий	Ba	La* лантан	Hf гафний	Ta тантал	W	Re рений
Au	Hg	Tl таллий	Pb	Bi висмут	Po	At

*Лантаноиды Ln.

Ce церий	Pr празеодим	Nd неодим	Pm прометий	Sm самарий	Eu европий	Gd гадолиний
Tb тербиц	Dy диспрозий	Ho гольмий	Er эрбий	Tm тулий	Yb иттербий	Lu лютеций

К числу редких относят 35 элементов, которые по геохимическим особенностям и металлогении подразделяются на три группы:

1) **халькофильные** металлы и металлоидные неметаллы

Cd, Ga, In, Tl, Ge, Se, Te (для них в природе наиболее характерны соединения с серой и накопление в сульфидных месторождениях)

2) **литофильные** металлы — **Li, Rb, Cs, Be**, Sr(строции), **Y(итрий)**, **лантаноиды (Ln)**, **Zr, Hf, Nb, Ta, Re**

(в природе встречаются в форме солей кислородных кислот и оксидов).

I	II	III	IV	V	VI	VII
Li литий	Be бериллий	B	C	N	O	F
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
K	Ca	Sc скандий	Ti	V ванадий	Cr	Mn
Cu	Zn	Ga галлий	Ge германий	As	Se селен	Br
Rb рубидий	Sr стронций	Y иттрий	Zr цирконий	Nb ниобий	Mo	Br
Ag	Cd кадмий	In индий	Sn	Sb	Te теллур	I
Cs цезий	Ba	La* лантан	Hf гафний	Ta тантал	W	Re рений
Au	Hg	Tl таллий	Pb	Bi висмут	Po	At

*Лантаноиды Ln.

Ce церий	Pr празеодим	Nd неодим	Pm прометий	Sm самарий	Eu европий	Gd гадолиний
Tb тербиц	Dy диспрозий	Ho гольмий	Er эрбий	Tm тулий	Yb иттербий	Lu лютеций

*Четыре низковалентных легких металла (**литий, рубидий, цезий и бериллий**) характерны в основном для магматогенных месторождений, **связанных с кислыми породами**).*

Высоковалентные металлы (**иттрий, лантаноиды, цирконий, гафний, ниобий, тантал**) наибольшие суммарные мировые запасы имеют в магматогенных месторождениях, связанных **с щелочными породами**).

3) **сидерофильные** металлы — Sc(скандий), V(ванадий) (в природных условиях металлы данной группы находятся как в форме **сульфидов**, так и в форме **оксидов** или кислородных кислот.

В эндогенных месторождениях они большей частью накапливаются **в ультрабазитах** (90 % мафические минералы: железо-магнезиальные (Mg-Fe) м-лы, присутствующие в магм. п.) **и базитах** (магматические горные породы основного состава (с содержанием SiO_2 45-52 масс.%)) с **титаномагнетитом, ильменитом и магнетитом**

По другим параметрам среди редких металлов выделяют:

1) редкие **щелочные** металлы — литий, рубидий, цезий;

2) редкие **легкие** металлы — бериллий;

3) редкие **тугоплавкие** металлы — тантал, ниобий, цирконий, гафний;

4) редкоземельные элементы (иттрий и лантаноиды);

* Лантаноиды Ln.

Ce церий	Pr празеодим	Nd неодим	Pm прометий	Sm самарий	Eu европий	Gd гадолиний
Tb тербиц	Dy диспрозий	Ho гольмий	Er эрбий	Tm тулий	Yb иттербий	Lu лютеций

5) рассеянные элементы — германий, рений, таллий, кадмий, индий, галлий, селен, теллур.

Техническая классификация редких металлов

Группа	Элементы	Группа редких металлов
I II	Литий, рубидий, цезий Бериллий	Щелочные Лёгкие
IV V	цирконий, гафний ниобий, тантал	Тугоплавкие
III IV VI VII	Галлий, индий, таллий Германий* Селен*, теллур* Рений	Рассеянные
III	иттрий, лантан и лантаноиды	Редкоземельные
I II	Франций Радий	Радиоактивные
VI	Актиний, торий, протактиний, уран, плутоний и другие трансурановые элементы	
VII	Полоний, Технеций	

ТАНТАЛ

НИОБИЙ

Эти металлы близки по своим свойствам и всегда в природе встречаются совместно. Оба элемента весьма тугоплавки, пластичны, ковки, устойчивы к воздействию кислот, сохраняют прочность при высоких температурах.

Около 70 % производимого в мире тантала используется в танталовых электролитических конденсаторах, 10-15% — в суперсплавах для авиа-, ракетной и космической техники, 10-12 % — в химическом, нефтехимическом машиностроении, около 10% — в медицине

Ниобий широко используется в виде феррониобия для получения нержавеющей сталей.

Применяется в жаропрочных сплавах, предназначенных для ракет, сверхзвуковой авиации и ядерных реакторов.

Тантал

ниобий

Производство

тантала в концентратах превышает 1 600 т; наибольшее количество производится в Австралии — почти половина всей продукции.

ниобия в концентратах 42 тыс. т,
основные производители:
Бразилия (88%), Канада (8,2%).

запасы

Мировые подтвержденные запасы тантала составляют 86,6 тыс. т.

Основные держатели запасов — Австралия (свыше 46 %), Бразилия (12,3), Китай (7,2), Таиланд (7)

Мировые подтвержденные запасы ниобия 4,7 млн т; в Бразилии находится 92%, Канаде — 2,4, Габоне — 1,7, Нигерии — 1,3 %.

- Танталовое производство АО "Ульбинский металлургический завод" единственное на территории Казахстана и одно из крупнейших в мире предприятие, имеющее полный производственный цикл от переработки тантал-ниобий содержащего сырья до готовой продукции.
- Танталовое производство АО "УМЗ" отличается гибкая технология переработки любых видов тантал-ниобиевого сырья, в том числе и трудно вскрываемого, обеспечивающая производство продукции с заданными параметрами качества.

ТАНТАЛОВАЯ ПРОДУКЦИЯ:

- Слитки тантала чистотой 3N2, 3N5, 3N7, 4N и 4N5, произведенные методом двойного и тройного электронно-лучевого переплава;
- Чипсы;
- Танталовый плоский и круглый прокат;
- Порошки тантала конденсаторные;
- Материалы для конденсаторов
- Слитки TaY. Продукция из TaY
- Слитки TaW. Продукция из TaW
- Слитки тантала чистотой 4N5, произведенные методом вакуумно-дугового переплава
- Производственная мощность в натуральном выражении (производство танталовой и ниобиевой продукции) по результатам за 2016 год составляет 122 и 47 тонн, соответственно.

НИОБИЕВАЯ ПРОДУКЦИЯ:

- Слитки ниобия
- Чипсы
- Прокат из ниобия плоский
- Прутки, проволока
- Порошки ниобия
- Слитки NbTi. Продукция из NbTi
- Слитки NbZr. Продукция из Nb

Геохимия и минералогия

Кларк тантала — $2,5 \times 10^{-4}\%$, ниобия — $2 \times 10^{-3}\%$.

Наибольшие их содержания отмечаются в щелочных породах
(0,0011 % Ta, и 0,0122% Nb)

Известно 47 минералов тантала и 108 ниобия. Тантал и ниобий во всех минералах присутствуют совместно, изоморфно замещая друг друга.

Главные минералы ниобиевых и танталовых руд:

колумбит $(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$,

танталит $(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Ta}, \text{Nb})_2\text{O}_6$,

пирохлор $(\text{Na}, \text{Ca})_2(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6(\text{O}, \text{OH}, \text{F})$,

микролит $(\text{Na}, \text{Ca})_2(\text{Ta}, \text{Nb})_2\text{O}_6(\text{O}, \text{OH}, \text{F})$,

лопарит $(\text{REE}, \text{Na}, \text{Ca})_2(\text{Ti}, \text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$,

Геолого-промышленные типы месторождений

тантала и ниобия могут быть представлены следующими группами:

месторождения ***тантала***:

- редкометалльные **пегматиты** (интрузивные магматические горные породы с характерной гиганто- или крупнозернистой структурой (размер зёрен более 1 см), обогащённые редкими минералами);

- танталоносные редкометалльные **граниты**;

тантало-ниобиевые месторождения:

колумбитоносные **граниты**;

редкометалльные **щелочные граниты**;

лопаритоносные агпаитовые **нефелиновые сиениты**;

месторождения ***ниобия***:

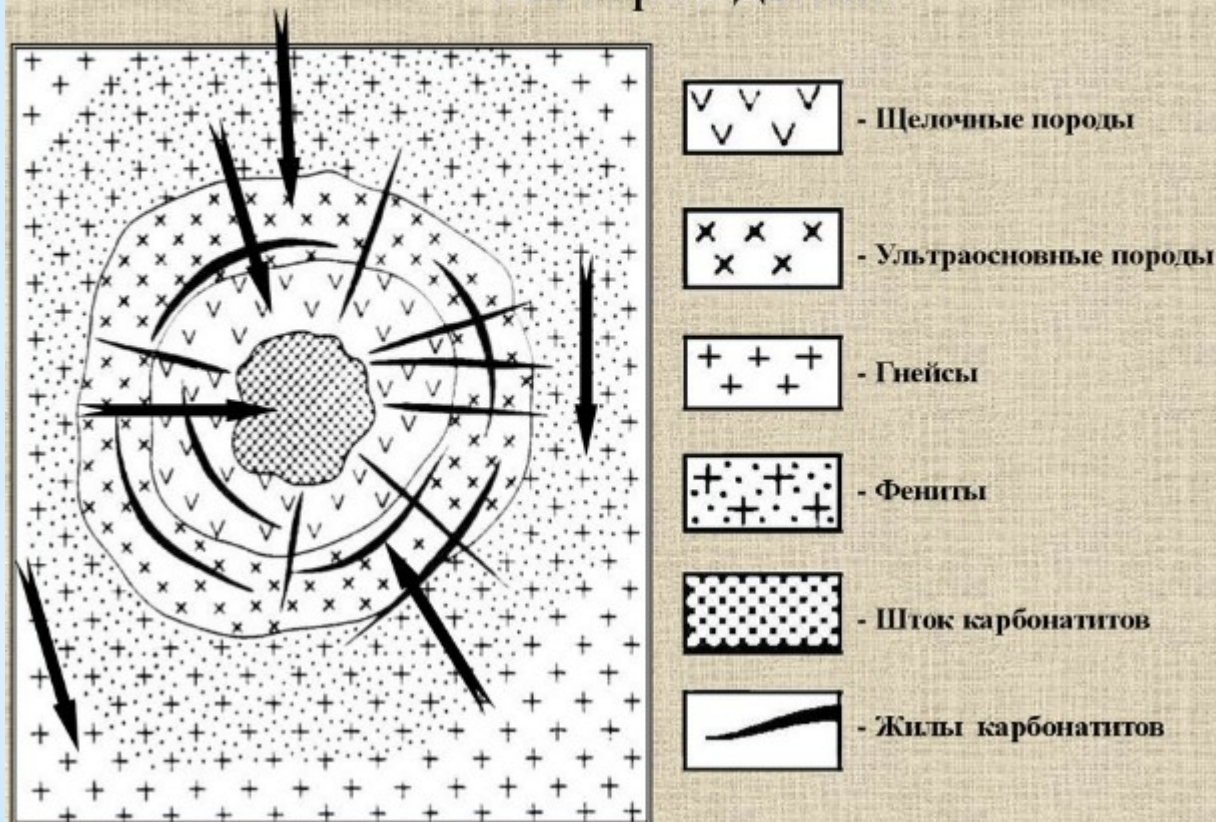
карбонатитовые;

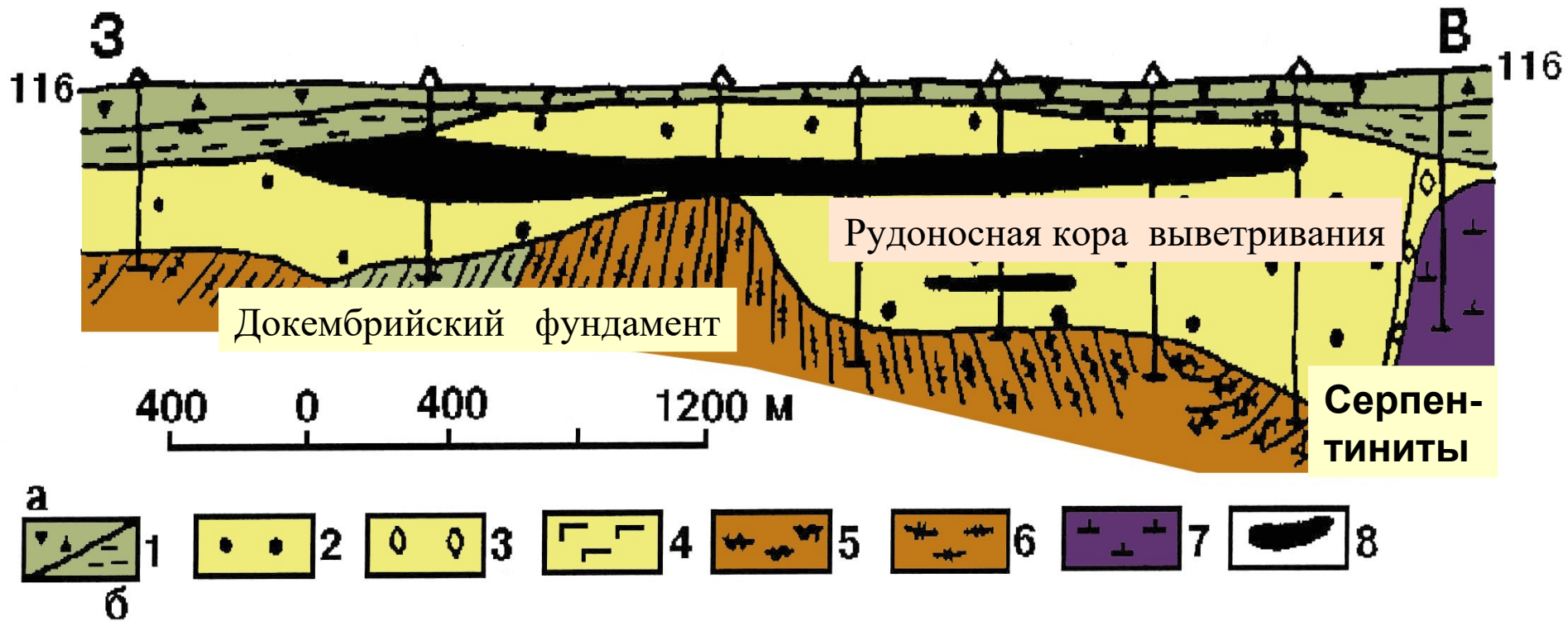
коры выветривания по карбонатитам.

Карбонатиты

- это эндогенные скопления карбонатов (преимущественно кальцита, реже доломита, анкерита), которые пространственно и генетически связаны с массивами ультраосновных - щелочных пород.

Общая схема строения карбонатитового месторождения





Геологический разрез месторождения Кундыбай.

- 1 - почвенно-растительный слой (а) и глина (б);
- 2 - рудоносная каолиновая кора выветривания;
- 3 - нонтронитовая кора выветривания;
- 4 - амфиболиты:
- 5 - сланцы хлоритовые, графитовые, мусковитовые, серицитовые;
- 6 - гнейсы; 7 - серпентиниты;
- 8 - контуры промышленных титановых рудных тел.

1) Редкометалльные гранитные пегматиты играют ведущую роль в добыче тантала. Среди них выделяют альбит-сподуменовые месторождения Западной Австралии и в частности месторождение **Гринбушес**.

Главное пегматитовое тело протяженностью 3 300 м при мощности до 230 м прослежено до глубины 700 м. Содержание Ta_2O_5 низкое — 0,036 %.

Запасы Ta_2O_5 34 000 т.

Попутно извлекаются олово, литий

2) Редкометалльные танталоносные граниты связаны с субщелочной лейкогранитовой формацией. Купольные части массивов Li-F субщелочных гранитов содержат вкрапленную минерализацию Sn-Be-W-Li состава, образующую пологие без четких границ залежи.

Примером этого типа являются месторождения Орловское и Этыкинское в Забайкалье.

3) *Колумбитоносные граниты* месторождения

плато Джос в Северной Нигерии приурочены к мезозойским щелочным гранитам, сформированным в области активизации докембрийской платформы.

Граниты в качестве аксессуаров содержат колумбит, касситерит, циркон, монацит, ксенотим и др.

Кроме того, повышенные концентрации аксессуаров содержатся в штокверковых зонах грейзенизации с флюоритом и топазом.

ГРЕЙЗЕНИЗАЦИЯ, ПРОЦЕСС ГРЕЙЗЕНИЗАЦИИ — процесс высокотемпературного (500—300 °С) метасоматоза с участием при минералообразовании летучих компонентов (фтора, бора, хлора и др.), протекающий в широком диапазоне давлений и при эволюции постмагм. растворов от кислых к щелочным, проявляющийся в связи с гранитными интрузиями, преимущественно средних и умеренных глубин (Рундквист, Павлова, 1970). Некоторые исследователи рассматривают грейзены как продукты приконтактового выщелачивания г. п. массивов наиболее кислых гранитов в условиях средних глубин (Коржинский, 1953).

4) *Редкометалльные щелочные граниты*. Примером подобного типа может служить *Улуг-Танзекское месторождение* (Тува), приуроченное к малым интрузиям субщелочных биотитовых гранитов, локализованных в зоне мезозойской рифтогенной активизации.

Внутреннее строение рудного тела *характеризуется чередованием*

- *рибекитовых метасоматитов с пирохлором* и
- *полислюдистых метасоматитов с колумбитом.*

Эти типы руд образуют мощные, протяженные, линзовидно-пластообразные залежи, связанные друг с другом постепенными переходами.

Пирохлор содержится преимущественно в краевых частях, колумбит — во внутренних.

- 1 — четвертичные отложения;
- 2, 3 — рудоносные кварц-альбит-микроклиновые породы
(2 — полислюдистые, 3 — рибекитовые);
- 4 — субщелочные граниты, кварцевые сиениты мезозоя —
верхнего палеозоя;
- 5 — нижнепалеозойские диориты, кварцевые диориты;
- 6 — среднепротерозойские биотитовые граниты, лейкограниты;
- 7, 8 — раннепротерозойские метаморфические образования
(7 — биотитовые, биотит-амфиболитовые сланцы и гнейсы,
8 — мраморы, мраморизованные известняки);
- 9, 10 — границы
(9 — геологические,
10 — петрографические с постепенными переходами);
- 11 — разрывные нарушения прослеженные (а),
предполагаемые (б)\
- А—Б — линия разреза

4) Лопаритоносные нефелиновые сиениты — единственным в мире крупным представителем такого типа является **Ловозерское месторождение** (Мурманская обл.).

Месторождение является частью крупного трехфазного плутона агпаитовых нефелиновых сиенитов, занимающего площадь около 650 км².

Главную роль в его строении играет стратифицированный комплекс нефелинсодержащих пород с лопаритом, занимающий периферическую часть плутона.

В лопарите содержится (масс. %): Ta_2O_5 — 0,5 — 0,7; Nb_2O_5 — 8 — 9; TR_2O_3 — 30 — 35. Из руд извлекается также титан.

Содержание Ta_2O_5 в руде 0,018 — 0,027 %, запасы исчисляются несколькими десятками тысяч тонн

5) Карбонатитовые месторождения являются важнейшим источником получения редких элементов и в частности ниобия.

Щелочно-ультраосновные массивы содержат в промышленных количествах флогопит и апатит, черные, цветные, радиоактивные и редкие металлы.

Редкие элементы образуют в массивах четыре парагенетических типа месторождений:

ультрабазиты с перовскитом;

альбититы с гатчеттолитом;

кальцит-apatит-магнетит-форстеритовые образования с гатчеттолитом и бадделеитом;

apatит-кальцитовые карбонатиты с пироксеном, местами с гатчеттолитом.

Цирконий

- **Серебристо-серый металл, характеризуется высокой температурой плавления, химической инертностью.**
- Подавляющая часть циркониевых концентратов
- **(до 90 %) идет на изготовление высококачественной керамики, глазурей, огнеупоров.**
- **Циркониевые концентраты служат, кроме того, единственным источником получения гафния, который является полным геохимическим аналогом циркония.**
- Гафний, как поглотитель нейтронов, применяется в качестве защиты от радиации, в контрольной аппаратуре АЭС, в реактивных двигателях;
- карбид гафния используется в качестве покрытия космических кораблей.

Мировые общие запасы ZrO_2 оцениваются в 97 млн т, разведанные запасы составляют 63 млн т. Наибольшее количество находится в Австралии, ЮАР, Украине, США, России.

Кларк циркония — $17 \times 10^{-2}\%$, он накапливается в щелочных породах.

Известно 49 минералов циркония, практическое значение имеют только **циркон $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$ [65% ZrO_2]** и **бадделеит ZrO_2 [95-98% ZrO_2].**

Циркон дает 95% мировых запасов и производства, бадделеит — 5 %.

Циркон и бадделеит в эндогенных условиях образуют промышленные скопления только в некоторых разновидностях *щелочных гранитов, нефелиновых сиенитов и карбонатитов.*

Из эндогенных месторождений цирконовые концентраты получают попутно при переработке колумбитовых или пироклоровых руд (Ta-Nb) щелочных гранитов и полевошпатовых метасоматитов, содержащих 1-2 % ZrO_2 .

Циркон извлекается также попутно при разработке пироклорсодержащих альбититов, связанных с нефелиновыми сиенитами.

Оба минерала накапливаются **в корах выветривания и россыпях различного типа.**

К промышленным типам относятся:

1) *Россыпи*, преимущественно прибрежно-морские, содержащие циркон, монацит, ильменит и рутил (Индия, Австралия, США), иногда бадделеит (Бразилия) **[95% мировых запасов]**.

2) Плащеобразные тела *коры выветривания* нефелиновых сиенитов и карбонатитов, содержащие бадделеит.

б) ультраосновные щелочные породы и карбонатиты с бадделеитом и минералами железа, меди, фосфора, редких элементов — Ta, Nb, TR.

Редкоземельные элементы

К редкоземельным элементам (РЗЭ) относятся

иттрий, лантан и

13 элементов группы лантаноидов: (церий, празеодим, неодим, самарий, европий, гадолиний, тербий, диспрозий, гольмий, эрбий, тулий, иттербий, лютеций).

Все элементы имеют сходные химические свойства и в природных условиях встречаются совместно.

РЗЭ разделяют на две группы:

- цериевые (или легкие) — от лантана до неодима, и
- иттриевые — сам иттрий и лантаноиды от самария до лютеция.

La* лантан	Ce церий	Pr празеодим	Nd неодим
---------------	-------------	-----------------	--------------

Y иттрий	Sm самарий	Eu европий	Gd гадолиний
-------------	---------------	---------------	-----------------

Tb тербий	Dy диспрозий	Ho гольмий	Er эрбий	Tm тулий	Yb иттербий	Lu лютеций
--------------	-----------------	---------------	-------------	-------------	----------------	---------------

Элемент	Иттрий	Лантан	Церий	Празеодим	Неодим	Самарий	Европий	Гадолиний
Химический символ	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd
Атомный номер	39	57	58	59	60	62	63	64
Атомная масса	88,91	138,92	140,13	140,92	144,27	150,43	152,00	156,90
Плотность, кг/м ³	4840	6162	6768	6769	7007	7536	5245	7886
Температура плавления, °C	1500	920	795	935	1024	1072	826	1312

❖ Эти металлы серебристо-белого цвета, некоторые из них имеют желтоватый оттенок, например, празеодим и неодим.

❖ *Лантаноиды высокой чистоты пластичны и легко поддаются деформации (ковке и прокатке).* **Отличаются высокой химической активностью.**

❖ Они образуют прочные оксиды, галогениды и сульфиды; реагируют с водой, углеродом, углеводородами, угарным и углекислым газами, азотом, фосфором; при температурах 180-200°C быстро окисляются на воздухе; легко растворяются в кислотах.

❖ **От старинного названия оксидов – «земли» они и получили название.** В природе они всегда встречаются совместно. Производство их осуществляется с помощью различных методов гидрометаллургии, электролиза и металлотермического восстановления; выделение отдельных элементов - методами ионной хроматографии.

В промышленности редкоземельные металлы употребляются как в смешанном виде, так и индивидуально, при этом используются преимущественно оксиды металлов.

Известно более 100 важных областей применения РЗЭ, среди них наиболее емкие сферы использования —

- катализ в крекинге нефти,
- металлургическая, стекольная и керамическая отрасли промышленности,
- сверхмощные магнитные сплавы,
- кинескопы, люминофоры, лазерная техника,
- оборонная, аэрокосмическая, атомная.

Нефтехимическая и стекольная — около 70 % редкоземельной продукции.

Из почти 100 **редкоземельных минералов** основное промышленное значение **имеют восемь**; три из них —

- бастнезит CeCO_3F (75 % TR),
- монацит CePO_4 (65 % TR) и
- лопарит $\text{NaTR}(\text{Ti}, \text{Nb})_2\text{O}_3$ (30 % TR) — содержат РЗЭ преимущественно цериевой группы и составляют основную долю добываемого сырья.

Еще четыре минерала содержат преимущественно элементы иттриевой группы:

- ксенотим YPO_4 (58 — 63 % TR),
- черчит $\text{YPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (48-53% TR),
- иттросинхизит $\text{CaY}(\text{CO}_3)\text{F}$ (45 — 50% TR) и
- браннерит $(\text{U}, \text{Ca}, \text{Th}, \text{Y})(\text{Ti}, \text{Fe})_2\text{O}_6$ (3-9% TR).

Апатит $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{F}$ (1 % TR, иногда более) имеет комплекс-ный переменный состав редких земель.

Запасы и сырьевые ресурсы РЗЭ огромны и в настоящее время оцениваются в 130 млн т (редкоземельных оксидов).

Наибольшими запасами владеют
Китай (67 %), Россия (28%),
США (10 %), Австралия (4 %).

Месторождения РЗЭ относятся к разным генетическим типам. Наибольшее промышленное значение имеют

- магматические,
- месторождения полевошпатových метасоматитов,
- скарновые,
- карбонатитовые,
- коры выветривания,
- россыпные и
- осадочные.

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ КАЗАХСТАНА

Типы редкометалльных и редкоземельных месторождений Казахстана

Пегматитовый	тантал, ниобий, редкие земли олово, тантал, ниобий	Верхне-Иргизское Бакенное, Белогорское, Верхне- Баймурзинское, Юбилейное, Карагоин
Альбититовый (альбитовые граниты)	ниобий, цирконий, редкие земли	Верхнее Эспе, Лосевка, Борсыксай
Скарново- грейзеновый	молибден, вольфрам олово	Катпар, Баян, Аксоран Карагайлы-Актас, Ускен, Бие
Грейзеново- кварцево- жильный	молибден вольфрам олово	Восточный Конырат, Чиндагатуй Акшатау, Караоба Донецкое, Шакшагайлы, Шолпан
Грейзеново- штокверковый	молибден вольфрам олово	Коктенколь, Жанет Верхнее Кайракты, Батыстау Сырымбет, Чердожак
Порфировый	молибден	Шалгия, Каратас IV

Кор выветривания	редкие земли молибден, вольфрам	Кундыбай, Маятас Коктенколь Промежуточный
Россыпи	редкие земли, титан, цирконий олово вольфрам тантал, ниобий	Шокаш, Обуховка, Караоткель Орлиная гора, Ольгинская, Золотоношенская, Байназар, Акмая, Долинная Асубулак
<i>Месторождения с сопутствующими редкоземельными и редкометалльными элементами</i>		
Порфировый	медь, молибден уран, молибден	Коунрад, Актогай, Бозшаколь Байтал, Бугуль, Шатское
Стратифициро ванный	ванадий, редкие земли, молибден уголь, уран, редкие земли уран, редкие земли фосфориты, редкие земли	Курумсак, Баласаускандык Кольжат Меловое, Тасмурун, Томак Жанатас, Аксу, Коксу, Кокджон
Гидрогенный	уран, молибден, редкие земли	Акдала, Мынкудук

ТАНТАЛ. В республике известны проявления тантала и ниобия практически всех геолого-промышленных типов:

эпимагматических, пегматитовых и карбонатитовых. Практическое значение имеют только

- редкометалльные *гранитные пегматиты*, в которых сосредоточено более 60% балансовых запасов тантала.

Все они находятся в Алтайском рудном поясе.

- Около 30% тантала заключено в вольфрамовых месторождениях, из которых он практически не извлекается,

- а титан-циркониевые россыпи содержат около 6% балансовых запасов.

На государственном балансе Казахстана числится 15 месторождений, в том числе восемь с балансовыми запасами: Белогорское, Верхне-Баймурзинское, **Бакенное (см. рисунок ниже)**, Юбилейное, Кварцевое, Ахметкино, Калай-Топкан (Восточный Казахстан), Караобинское (грейзеновое) в Центральном Казахстане.

Из названных месторождений отрабатывались пять — Белогорское, Верхне-Баймурзинское, Бакенное, Кварцевое, Юбилейное, **большая часть запасов которых почти за тридцать лет эксплуатации к настоящему времени уже добыта.**

Оставшиеся в недрах запасы не рентабельны к отработке.

НИОБИЙ.

В Казахстане *ниобий* извлекается попутно при переработке редкометалльных руд.

Учтенных запасов ниобия по республике нет. Известны следующие собственно ниобиевые месторождения и проявления:

*Лосевское (Кокшетау),
Верхне-Эспинское (Чингиз-Тарбагагай),
Верхне-Иргизское, Борсыксай (Мугоджары) и
ряд более мелких проявлений.*

Месторождение Бакенное

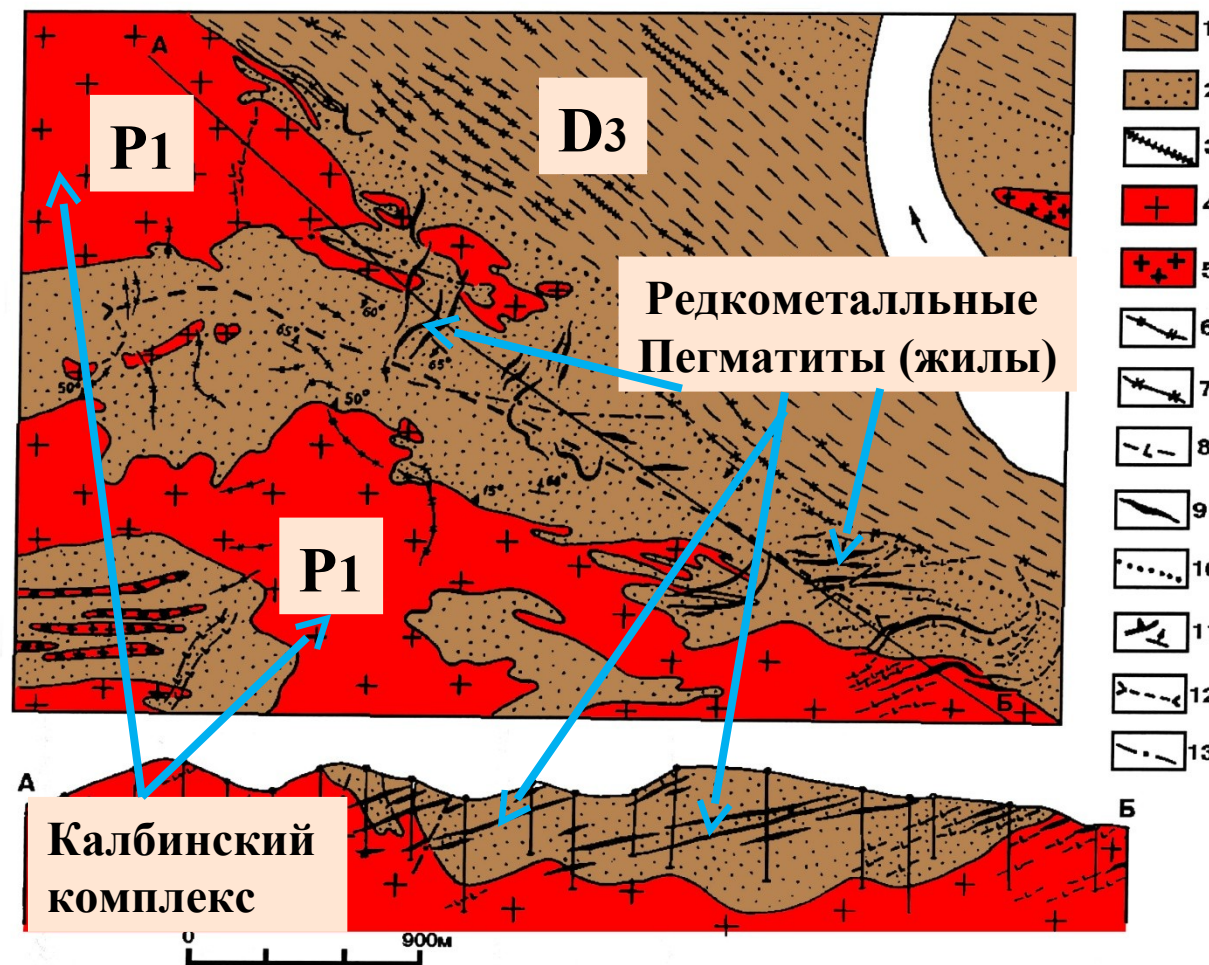
Месторождение находится на северном фланге Центрального блока Калба-Нарымской зоны и приурочено к *эндо-экзоконтакту Прииртышского гранитного массива.*

Вмещающие породы представлены алевролитами, песчаниками и углисто-глинистыми сланцами верхнего девона, которые образуют линейно-вытянутые складки.

Раннепермские граниты калбинского комплекса представлены биотитовыми гранитами и их жильными производными: аплитами, аплит-пегматитами и пегматитами.

С гранитами генетически связывается редкометально-пегматитовое оруденение.

М-ние Бакенное.



1 – роговики; ороговикованные сланцы и
2 – мигматизированные породы такырской свиты;
3 – гранит-порфиры, плагиогранит-порфиры кунушского комплекса;

4-9 калбинский комплекс:
4 – с/з, к/з граниты I фазы
5 – м/з, с/з граниты II фазы;
6 – жильные аплитовидные граниты;
7 – аплиты, аплит-пегматиты;

8 – пегматиты олигоклаз-микроклиновые безрудные;

9 – редкометалльные пегматиты;

10 – граница постепенных пер

11 – элементы залегания контактов гранитов (а), осадочных пород (б);

12 – оси продольных складок; 13 – пострудные разрывы.

Система разломов субширотного, северо-западного, северо-восточного и субмеридионального простираний определяет структуру размещения пегматитовых жил и делит месторождение на три блока:

Северный, Центральный, Южный

Основные породообразующие минералы:
альбит, кварц, микроклин, мусковит.

Главные рудообразующие минералы:
колумбит-танталит, касситерит, поллуцит и слюды.

Среднее содержание	Ta_2O_5	-	0,11% и
	Nb_2O_5	-	0,067%.

Пегматитовые жилы месторождения слагают 5 свит. Расстояние между свитами по вертикали 750-800 м, между жилами в свитах 40-70 м.

Каждая свита имеет главную стволовую жилу, кулисы, ветви которой отстоят друг от друга не более чем на 15-20 м.

Форма пегматитовых жил плитообразная, в плане изометричная и лентовидная.

Внутри пегматитовых жил встречаются альбит-слюдяные грейзены.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЦИРКОНИЯ

Месторождения циркония в Казахстане представлены титано-цирконовыми **россыпями**.

Наиболее крупные среди них Обуховская, Шокашская, Караоткельская, Жарсорская, Тобольская, Устюртская, Прогнозная и др.

К промышленному освоению подготовлены Шокашская и Обуховская россыпи, на которых начата опытно-промышленная эксплуатация.

Промышленные концентрации циркона характерны для всех россыпей.

Промышленное значение могут иметь также *редкометалльные месторождения с комплексными цирконийсодержащими рудами* при использовании современных технологических схем переработки комплексных руд.

Наиболее изученными рудными объектами этого типа являются месторождения Борсыксай, Верхнее Эспе, Лосевское.

Определенный практический интерес представляют повышенные содержания редких земель, циркония, ниобия и тантала

- в карбонатитах (Красномайское месторождение) и
- в корах выветривания (месторождения Аршалы, Борсыксай и др.).

В Казахстане выделяются следующие геолого-промышленные и генетические типы циркониевых и комплексных цирконийсодержащих месторождений:

- 1) карбонатитовые месторождения (Красномайское);
- 2) альбититовые месторождения (Борсыксай, Верхнее Эспе, Лосевское);
- 3) россыпные месторождения (Обуховское, Шокаш, Караоткель и др.);
- 4) в корях выветривания (Аршалы, Борсыксай и др)

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШОКАШ

Месторождение расположено в 100 км к северо-западу от г. Актобе.

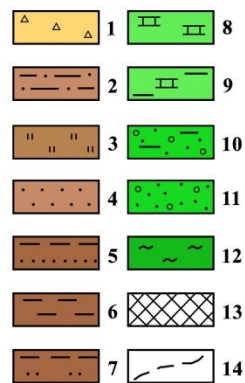
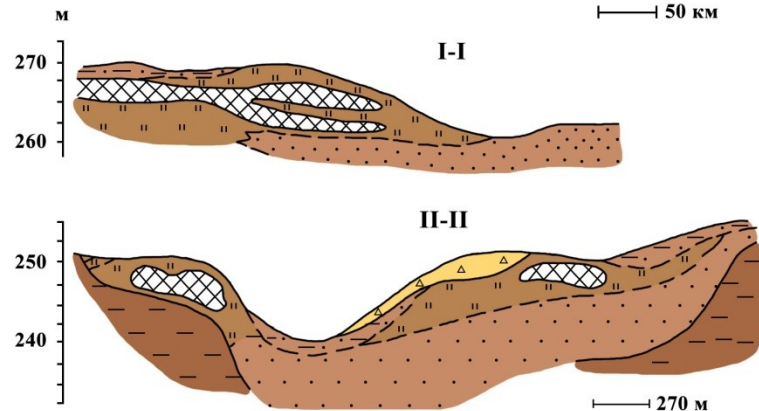
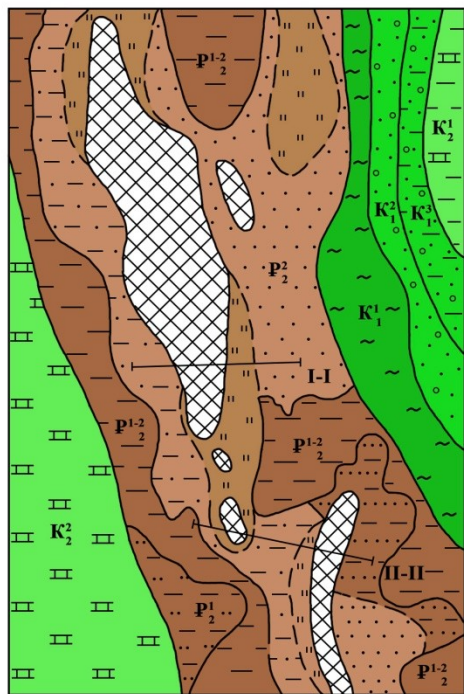
Месторождение приурочено к континентальным (пестроцветным) и морским отложениям триас-палеогенового возраста, выполняющим мульду.

Продуктивный горизонт титан-цирконовой россыпи представлен средне-верхнеэоценовыми мелкозернистыми песками (кварцевые).

Рудоносный горизонт прослежен в субмеридиональном направлении на расстоянии 4-4,5 км при ширине до 15-22 м.

Месторождение Шокаш.

1. Четвертичные супеси и суглинки;
- 2-5. Булдуртинская свита среднего эоцена
 - 2 - глинистые пески лагунной фации,
 - 3 - мелко- и среднезернистые в верхней части окремненные пески фации барьерных баров,
 - 4 - мелкозернистые пески области ровного дна,
 - 5 - переслаивание среднезернистых песков и глин межваловых понижений;



6. Глины шолаксайской свиты нижнего-среднего эоцента;
7. Глины с редкими прослоями песков нижнего эоцента;
- 8-9. Отложения верхнего мела:
 - 8 - известняки и мергели,
 - 9 - переслаивание глин, известняков

- 10-12. Отложения нижнего мела: 10 - песчаники, гравийники и песчанистые глины,
- 11 - олигомиктовые кварцевые пески, песчаники и гравийники,
- 12 - черные глины с редкими прослоями песков; 13 - Рудное тело; 14 - Границы фаций

Месторождение Шокаш.

1. Четвертичные супеси и суглинки;
- 2-5. Булдуртинская свита *среднего эоцена*
 - 2 - глинистые пески лагунной фации,
 - 3 - м/з и с/з пески фации барьерных баров,
 - 4 - м/з пески области ровного дна,
 - 5 - переслаивание с/з песков и глин межваловых понижений;

6. **Глины** шолаксайской свиты *нижнего-среднего эоцена*;

7. Глины с редкими прослоями песков нижнего эоцена;

8-9. Отложения верхнего мела:

8 - известняки и мергели,

9 - переслаивание глин, известняков

10-12. Отложения нижнего мела:

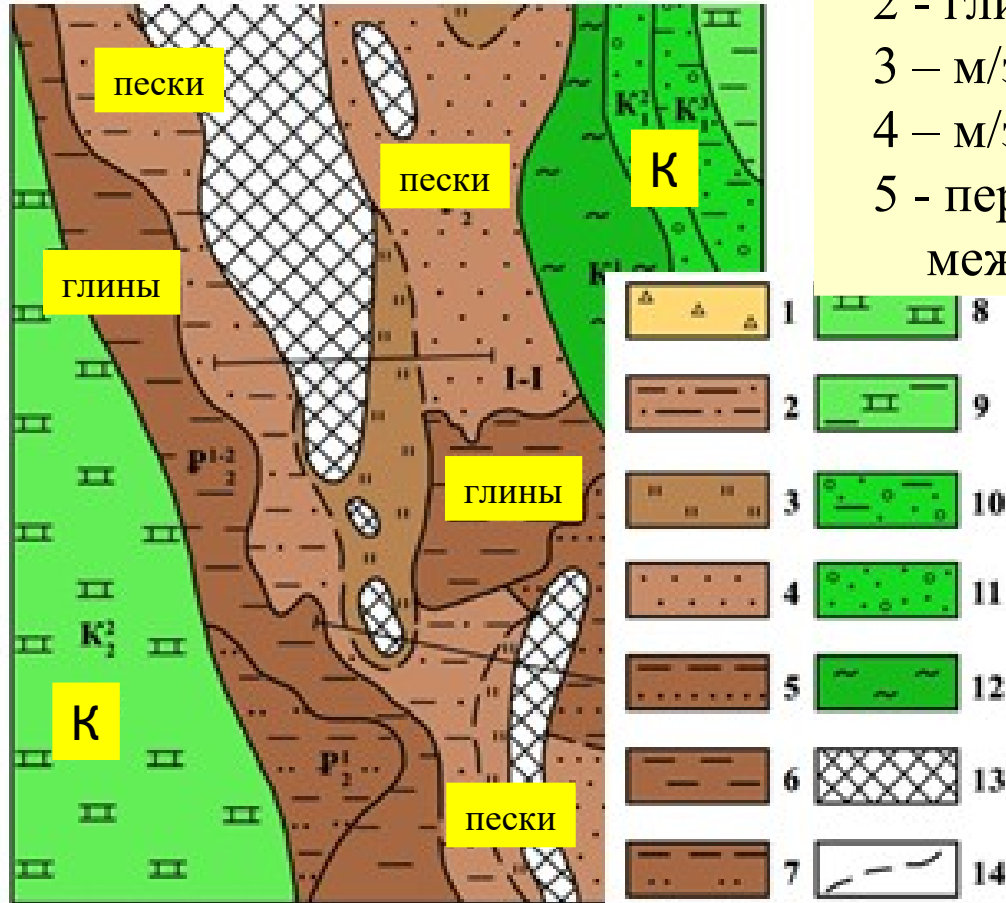
10 - песчаники, гравийники и песчанистые глины,

11 - олигомиктовые кварцевые пески, песчаники и гравийники,

12 - черные глины с редкими прослоями песков;

13 - Рудное тело;

14 - Границы фаций.



Рудоносная залежь титан-цирконовой россыпи представляет собой линзообразное тело, выходящее на дневную поверхность, средняя мощность 4,9 м, содержание циркона 14,7 кг/м³.

Легкая фракция (87%) представлена кварцем, полевым шпатом, слюдами, каолином, обломками кремнистых пород.

Тяжелая фракция (13%) состоит из *ильменита, рутила, циркона, дистена*, меньше апатита, пирита, арсенопирита, монацита, шпинели и др.

Распределение рудных минералов неравномерное.

Технологические исследования показали, что наряду с цирконовым концентратом, возможно получение и циркон-**монацитового** промпродукта, то есть не только циркония, но и редкоземельных элементов.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В Казахстане выделяются следующие геолого-промышленные и генетические типы редкоземельных и комплексных редкоземельносодержащих месторождений:

- 1) карбонатитовые месторождения (Красномайское);
- 2) альбититовые месторождения (Верхнее Эспе);
- 3) плутоногенные гидротермальные месторождения (Куйректыколь);
- 4) осадочные месторождения (Баласаускандык, Курумсак, Аксай, Жанатас, Кокджон, Коксу, Шолактау, Меловое, Шубарколь и др.);
- 5) пластово-инфильтрационные месторождения (Инкай, Канжуган, Мынкудук и др.);
- 6) в корях выветривания (Аршалы, Кундыбай, Маятас);
- 7) россыпные месторождения (Обуховское, Шокаш и др.).

В Казахстане известны собственно редкоземельные месторождения в

• **корах выветривания**

(Кундыбай, Аршалы, Маятас).

В рудоносных корах выветривания происходит повышение концентрации редких и редкоземельных элементов вследствие выноса легкорастворимых компонентов в процессе химического выветривания

Редкие земли содержатся также в **комплексных рудах**

- урановых (Меловое),
- ванадий-редкометалльных (Курумсак, Баласаускандык),
- угольных (Юбилейное) месторождений и
- в титано-циркониевых россыпях (месторождения Обуховское, Шокаш и др.).

Крупными месторождениями с редкоземельным оруденением являются :

- Ванадиевые - Баласаускандык, Курумсак, Жабаглы;
- Фосфоритовые - Аксай, Шолактау, Коксу, Кокжон, Жанатас в Южном Казахстане;
- органогенно-фосфатно-урановые - Меловое, Тайбогар, Тасмурын, Томак;
- пластово-инфильтрационные урановые - Инкай, Канжуган, Мынкудук и др.;

В Шу-Сарысуйской и Сырдаринской депрессии: фосфатно-урановые - Заозерное, Тастыкольское и др.;

титано-циркониевые россыпи - Обуховская, Агиспе и др.

угольные - Юбилейное (Каражира), Алакольское, Ленгерское, Шубаркол;

Практический интерес представляют

- редкоземельные месторождения **в** **корах**
выветривания (Кундыбай, Аршалы, Маятас).

- Потенциальными источниками редких земель являются карбонатиты Кокшетауского региона, Южного и Центрального Казахстана,

- а также щелочные гранитные массивы с редкоземельной минерализацией в Жарма-Саурской зоне Восточного Казахстана.

МЕСТОРОЖДЕНИЕ КУНДЫБАЙ

Месторождение Кундыбай расположено в Костанайской области.

Известно и разведено как титановой объект, а в качестве редкоземельного – открыто А.Р. Ниязовым.

Месторождение приурочено к *мезозойской коре выветривания* древних метаморфических пород.

В геологическом строении участвуют (снизу вверх):

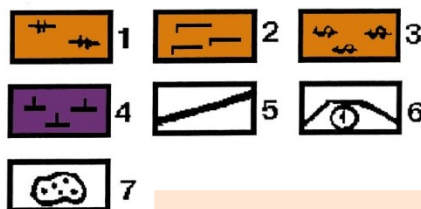
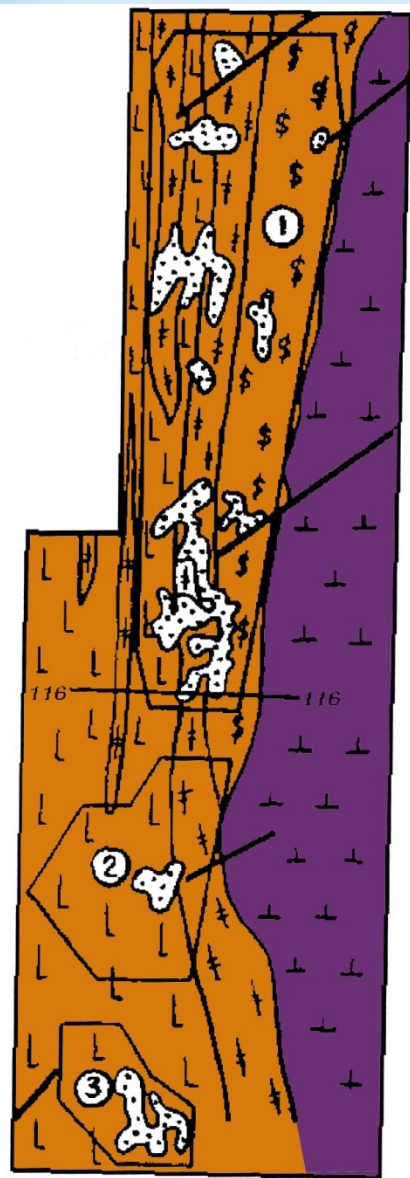
- * кристаллические породы докембрия;
- * рудоносная кора выветривания мощностью 10-70 м;
- * глины и суглинки палеоген-неогена мощностью 2-10 м.

Месторождение Кундыбай. По А.Р. Ниязову. Докембрий:

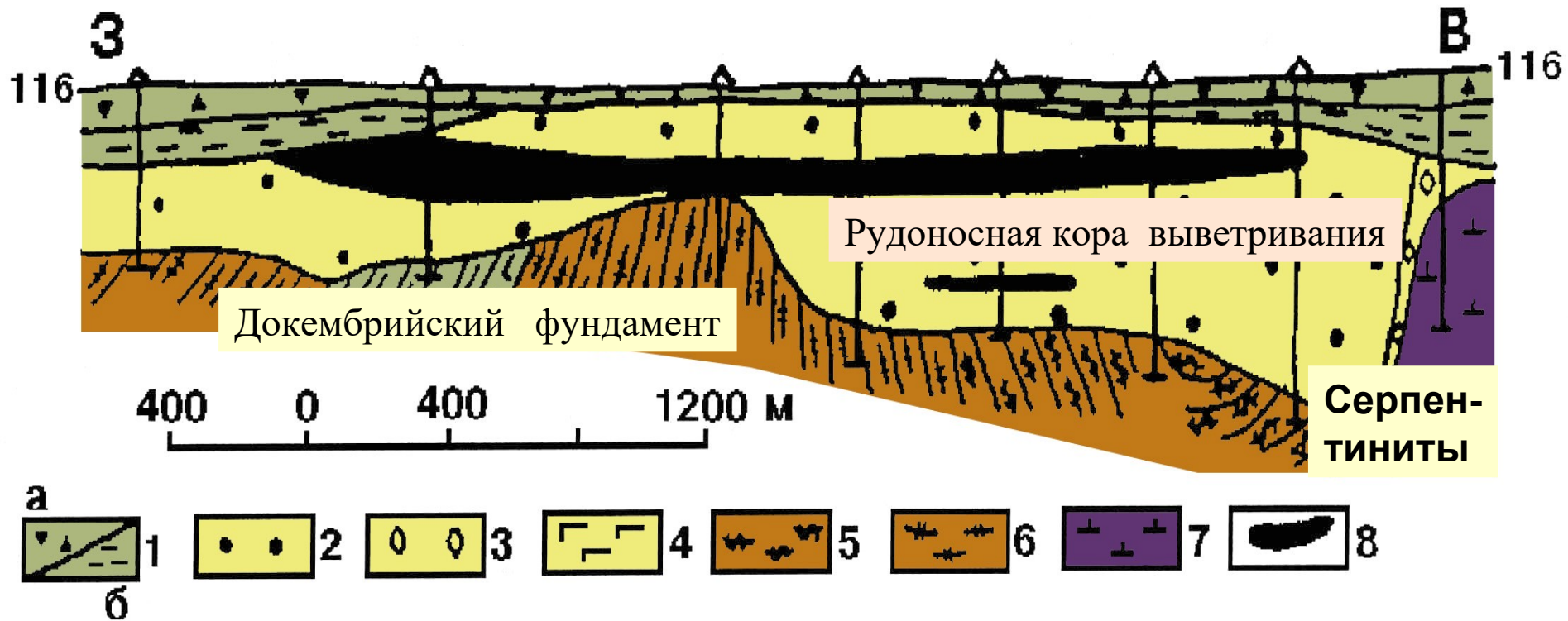
- 1 — диорито-гнейсы и гранито-гнейсы;
- 2 — амфиболиты;
- 3 — сланцы графит-серицит-кварцевые, хлорит-серицитовые, кварцево-серицитовые, серицит-полевошпатовые;
- 4 — серпентиниты;
- 5 — тектонические нарушения;

6 — контуры поисковых участков:

1 — Приречный, 2 — Топографический, 3 — Озерный;



7 — содержание условного ильменита в коре выветривания 50-100 кг/м³.



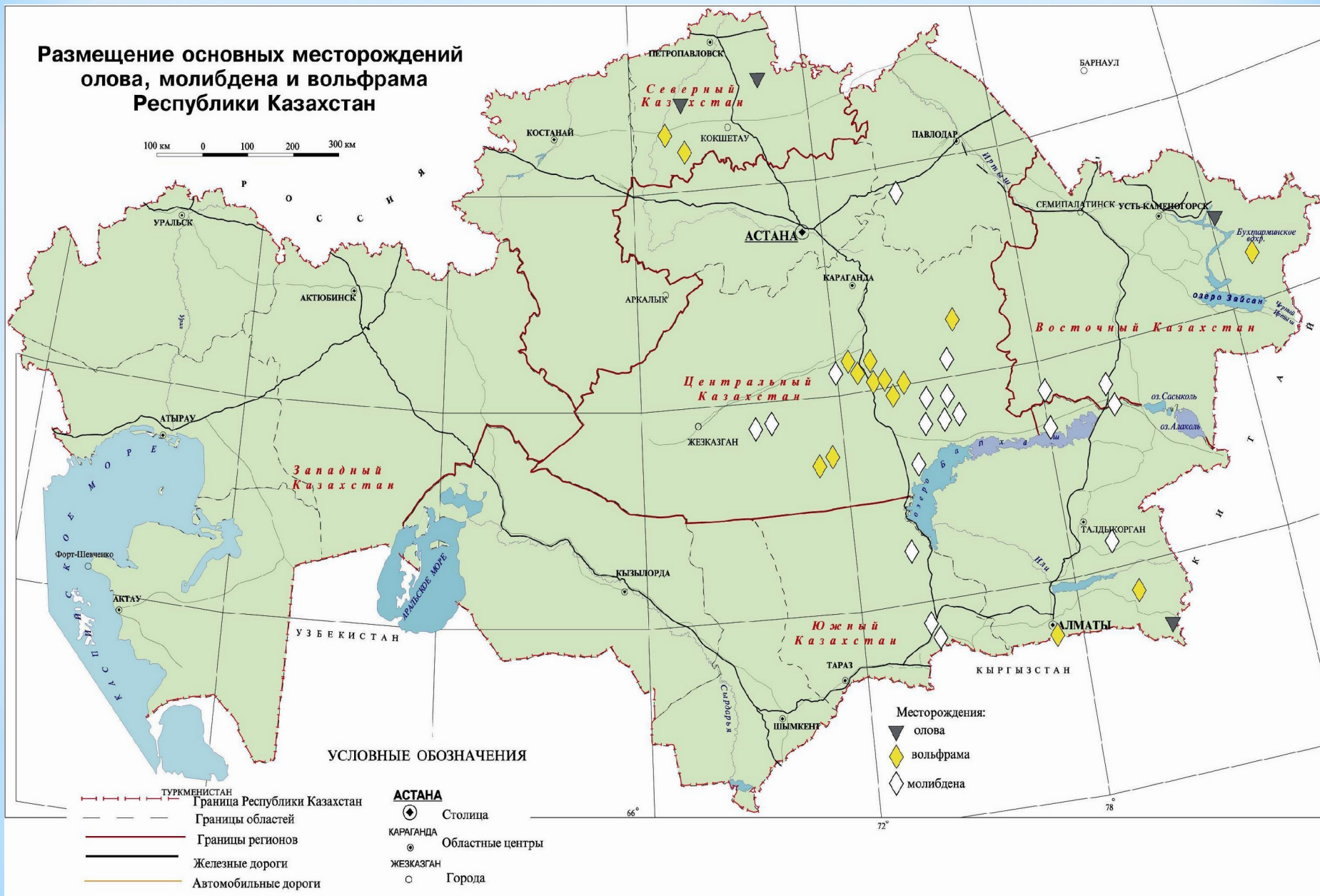
Геологический разрез месторождения Кундыбай.

- 1 - почвенно-растительный слой (а) и глина (б);
- 2 - рудоносная каолиновая кора выветривания;
- 3 - нонтронитовая кора выветривания;
- 4 - амфиболиты;
- 5 - сланцы хлоритовые, графитовые, мусковитовые, серицитовые;
- 6 - гнейсы; 7 - серпентиниты;
- 8 - контуры промышленных титановых рудных тел.

Рудоносная кора выветривания имеет зональное строение. Внизу располагаются выщелоченные породы, которые кверху сменяются каолинизированными образованиями и бесструктурными каолинами. Мощность каждой зоны от 3 до 20 м. Состав зон зависит от степени химического выветривания и обусловлен соотношением реликтовых и новообразованных минералов.

Размещение основных месторождений олова, молибдена и вольфрама Республики Казахстан

100 км 0 100 200 300 км



В Казахстане перспективы редкоземельного оруденения связываются с комплексными рудами кембрийских ванадий-редкометальных месторождений Курумсак и Баласаускандык в Каратау. В рудах этих месторождений установлена прямая корреляционная связь между ванадием и редкоземельными элементами.

Относительное содержание индивидуальных редкоземельных элементов от их общей суммы (100%) следующее:

- | | |
|--------------------|------------------|
| •лантан - 4,6%; | церий - 7,4%; |
| •празеодим - 1,9%; | неодим - 9,6%; |
| •самарий - 2,6%; | европий - 0,32%; |
| •гадолиний - 5,2%; | тербий - 0.6%; |
| •диспрозий - 5,4%; | гельмий - 0,83%; |
| •эрбий - 2,84%; | тулий - 0,4%; |
| •иттербий - 2,87%; | лютеций - 3,6%; |
| •иттрий - 56,7%. | |

В общей сумме резко выделяется по содержанию иттриевая группа (73,6%). На долю лютеция в этой группе приходится 3,6%, а этот элемент высоко ценится. В 1994 г. 1 кг оксида лютеция на мировом рынке стоил 4900 долларов США.

Мировая добыча РЗЭ базируется на содержаниях их в рудах: 0,01% (Канада), 0,04% (Австралия), 0,43% (Бразилия).

В фосфоритах Каратау среднее содержание РЗ 0,08%.

Геологические запасы РЗЭ в Каратау оцениваются в 1150 тыс.т. Это значительно больше, чем в добывающих РЗ из фосфоритов таких странах как Австралия (750 тыс. т), Бразилия (73 тыс. т), Канада (200 тыс. т).

Только в Индии аналогичные запасы (1200 тыс. т), а в США в 6 раз больше (6500 тыс. т).

В балансовых запасах месторождения Жанатас запасы РЗЭ оцениваются в 253,8 тыс.т.

С учетом высокой стоимости РЗЭ на мировом рынке и их широкого применения в различных отраслях промышленности, *вовлечение в попутное извлечение РЗ из фосфоритов на действующих суперфосфатных заводах*, включая технологические отвалы, Республика Казахстан может занять одно из ведущих мест как поставщик редких земель на мировой рынок.

**СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!**