

**ДИСЦИПЛИНА: «ГЕОЛОГО – ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»**

**кафедра «Геологическая съемка, поиски и разведка МПИ»**

## **Лекция №2.**

**1. Промышленные типы месторождений  
черных металлов: **железо****

## **Основная литература**

1. Авдонин В.В., Старостин В.И. . Геология полезных ископаемых М. : Издательский центр «Академия», 2010.
2. Байбатша А.Б. Геология месторождений полезных ископаемых. Учебник. – Алматы: КазНТУ, 2008.
3. Смирнов В. И. Геология полезных ископаемых. М.: Недра, 1982.
4. Старостин В. И., Игнатов П. А. Геология полезных ископаемых. Учебник для высшей школы. – М.: Академический проект, 2004.

## **Дополнительная литература**

5. Авдонин В. В, Бойцов В. Е., Григорьев В. М. и др. Месторождения металлических полезных ископаемых. 2-е изд. Учебник. М.: Академический проект, Трикста, 2005.
6. Вахромеев С.А. Месторождения полезных ископаемых. – М.: Недра, 1979.
7. Синяков В.И. Общие рудогенетические модели эндогенных месторождений. – Новосибирск, 1986

## A. МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

К месторождениям *металлических* ископаемых, *или к рудным* месторождениям, относят такие виды минерального сырья, которые подлежат металлургической переработке в целях извлечения полезных компонентов — металлов.

Рудные месторождения подразделяют на месторождения:

черных, цветных, редких,

радиоактивных и благородных металлов, а также рассеянных и редкоземельных

элементов.

# 1. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

## ЖЕЛЕЗА

В группу черных металлов объединены железо, марганец, хром, титан, ванадий.

Ведущую роль в этой группе играет железо, составляющее основу черной металлургии;

остальные используются в основном (почти на 90%) для производства легированных сталей, исключением является титан, 85 % которого идет на изготовление пигментного диоксида.

**КРАТКИЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ.** Первые упоминания о железе встречаются в египетских папирусах, сделанных примерно 4000 лет до н. э.

Изделия из железа появились во втором тысячелетии до н. э. в Египте, Ассирии и несколько позже в Индии и Китае.

Широкое использование человеком железа для изготовления оружия, орудий труда и других предметов определило смену бронзового века железным (примерно IX–VIII вв. до н. э.).

Особенно большое развитие черная металлургия получила в XX веке, когда для изготовления специальных сталей начали широко использовать легирующие добавки (Co, Cr, Ni, Mo, W), а затем редкие металлы (Nb, Ta, Zr, Se, Te, V), редкие земли (Ce, La и др.).

## 1.1 Общие сведения

Железо – один из самых распространенных элементов в земной коре (его кларк 4,65 %) и важнейший металл мировой экономики.

Ежегодное производство товарных железных руд превышает 1,2 млрд т. В недрах 97 стран подтвержденные запасы железных руд оцениваются в 194 млрд т.

Наибольшими запасами обладают Россия, Украина, Бразилия, Китай, Австралия, Казахстан и США (от 50 до 15 млрд т).

Добыча осуществляется в 55 странах.

**Ж е л е з о** в химически чистом виде – блестящий серебристо-белый вязкий и ковкий металл, имеющий плотность 7,8 г/см<sup>3</sup> и температуру плавления 1539±1 °С.

Образует сплавы со многими элементами:

- железоуглеродистые сплавы (чугун, стали),
- сплавы железа с марганцем (ферромарганец),
- кремнием (феррокремний),
- хромом (феррохром),
- вольфрамом, ванадием, титаном, ниобием, кобальтом, никелем, молибденом и др., играющие ведущую роль в современной технике.

**Применение.** Железные руды являются исходным сырьем для получения

- чугуна,
- сталистого чугуна,
- стали и
- железа.

Железо, чугун и сталь различаются между собой по *содержанию углерода*:

- железо содержит его 0,04–0,2 %,
- сталь 0,2–1,5 %,
- чугун 2,5–4 % и более.

- Около 90 % чугуна является «передельным» и переплавляется в сталь.
- Остальной чугун (литейный) используется для получения отливок.

Добавка марганца, ванадия, хрома, никеля, кобальта, вольфрама, молибдена, ниобия и других легирующих металлов существенно улучшает качество сталей, повышает их механическую прочность, вязкость, антикоррозионные свойства, кислотоупорность, жаростойкость и т. д.

Некоторые разности железных руд применяются для получения красок, а также в качестве утяжелителя глинистых растворов при бурении скважин (гематит) .

## *Геохимия и минералогия.*

Среднее содержание (кларк) железа в земной коре 4,65 % (по массе).

Повышенные концентрации наблюдаются в ультраосновных, основных и средних магматических, а также в метаморфических породах.

Известно более 450 минералов, содержащих железо. Промышленными минералами являются **магнетит**  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (72,4 % Fe), **марцит и гематит**  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (70 %), **ильменит**  $\text{FeTiO}_3$  (36,8 %), **бурые железняки**  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (48–63 %), т. е. природные гидроксиды железа в смеси с гидроксидами кремнезема и глинистым веществом, **сидерит**  $\text{FeCO}_3$  (48,3 %), **железистые хлориты** (27–38 %) – шамозит и тюригит, т. е. водные алюмосиликаты железа.

Таблица 1 Главнейшие минералы железных руд

Минерал	Химическая формула	Содержание железа, %
Магнетит	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	72,4
Магномагнетит	$(\text{Mg}, \text{Fe})\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	65–68
Титаномагнетит*	—	55–67
Гематит	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	70,0
Гётит	$\text{HFeO}_2$	62,9
Гидрогётит (лимонит)	$\text{FeO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	52,0–62,9
Сидерит	$\text{FeCO}_3$	48,3

## ТИПЫ РУД И КОНДИЦИИ.

В зависимости *от основного рудообразующего минерала*, определяющего технологические свойства сырья, промышленные железные руды разделяются на следующие типы:

- магнетитовые, мартитовые и полумартитовые;
- титаномагнетитовые;
- гематитовые и гидрогематитовые;
- бурожелезняковые;
- сидеритовые;
- железисто-хлоритовые (силикатные).

Минимальное содержание железа в рудах, пригодных для непосредственной плавки в домнах, должно быть таким (%):

в магнетитовых, титаномагнетитовых и гематитовых	—	46–50,
в бурожелезняковых	—	37–45,
в легкоплавких сидеритовых	—	30–36.

Руды с более низким содержанием металла необходимо обогащать. При этом кондиционное содержание железа в рудах снижается до 14–25 %.

*Вредными примесями* в рудах являются **серы, фосфор, мышьяк, олово, цинк, свинец, медь.** В зависимости от технологии переработки руд допустимое максимальное содержание этих компонентов может быть следующим (%):

серы 0,15–0,25,	фосфора 0,01–1;
мышьяка 0,02– 0,05;	олова 0,08;
цинка и свинца по 0,05;	меди 0,2.

Присутствие в рудах карбонатов кальция и магния улучшает их качество, а избыток кремнезема – ухудшает.

Богатые железные руды (**Fe>57%**,  $\text{SiO}_2 < 8\text{--}10\%$ ,  $\text{S, P} < 0,15\%$ ) идут на изготовление стали, минуя доменный процесс; они могут непосредственно поступать в конвертерное, мартеновское или бессемеровское производство.

Наиболее богатые железные руды (**Fe >68 %**,  $\text{SiO}_2 < 2\%$ ,  $\text{S, P} < 0,01\%$ ) используются для получения металлизированных окатышей, которые затем передают в электросталеплавильное производство.

**Запасы и добыча.** Мировые ресурсы железных руд практически неограничены и общие запасы составляют 350, разведанные запасы оцениваются в 195млрд. Т.

В дальнем зарубежье основные запасы железных руд приходятся на КНР, Бразилию, Канаду, Индию, США и Австралию.

В СНГ насчитывается около 1/3 общих и разведанных мировых запасов руд. Более 80 % их сосредоточено на Украине, в центральных районах европейской части России (КМА), в Казахстане, на Урале.

К **весьма крупным** в СНГ относятся  
железорудные месторождения с запасами

более **1 млрд. т**,

**к крупным** – **от 300 млн. т до 1 млрд. т**,

**к средним** – **от 50 до 300 млн. т**,

**к мелким** – **менее 50 млн т**.

Мировая добыча железных руд составляет в настоящее время около 900 млн. т и осуществляется более чем в 50 странах.

В крупных размерах ведётся добыча в Австралии, США, Бразилии

(от 75 до 100 млн. т в каждой),

Канаде, Индии, Франции, ЮАР,  
Швеции.

СНГ по добыче железных руд занимает первое место в мире (245 млн. т).

Основной объём добычи (более 68 %) приходится на *метаморфогенные железистые кварциты* и совместно залегающие с ними богатые окисленные железные руды.

Доля в добыче *магнетитовых руд* составляет - 19 %,

титаномагнетитовых – 9 %,  
бурожелезняковых и сидеритовых – 4 %.

**Казахстан** располагает надежной железорудной сырьевой базой. Суммарные запасы железных руд балансовых (17 м-ний) и забалансовых (11 м-ний), **составляют 17 млрд т.**

Из них 93% приходится на пять крупных месторождений: **Качарское, Сарбайское, Соколовское, Аятское, Лисаковское** (Торгайский прогиб).

Здесь же располагаются 7 резервных разведанных месторождений с общими запасами 1,3 млр. т (Алешинское, Ломоносовское, Южно-Сарбайское, Сорское, Шагыркольское),

одно законсервированное – Коржункольское и два забалансовых (Адаевское и Бенкалинское.

***В Центральном Казахстане*** разрабатываемые месторождения – ***Западный Каражал, Ушкатын III и Кентобе*** (всего 300 млн т.).

С забалансовыми рудами – *Большой Ктай* (38,5 млн т), *Балбраун* (125,5 млн т), *Керегетас* (60 млн т), *Ацистасы* (90,3 млн т), *Гвардейское* (200 млн т).

***В Южном Казахстане*** разведаны месторождения ***Иирсуское*** (327,7 млн т) и ***Абаил*** (28,3 млн т).

***В Западном Казахстане*** наиболее крупным является месторождение ***Кокбулак*** (1,9 млрд т) с забалансовыми оолитовыми бурожелезняковыми рудами, а также крупное месторождение ***Велиховское*** с прогнозными запасами титано-магнетитовых руд до 1 млрд т.

***На Алтае*** разведаны месторождения железных руд: ***Холзуновское*** (запасы 680,2 млн т) и ***Родионов Лог*** (58 млн т).

## 1.2. Типы промышленных месторождений

Железорудные месторождения промышленного значения весьма разнообразны. Среди них по генезису выделяются:

- 1)магматические,    2) карбонатитовые,**
- 3) скарновые,    4) вулканогенные гидротермальные,**
- 5) вулканогенно-осадочные,    6) кор выветривания,**
- 7) осадочные    и    8) метаморфогенные.**

*Основные запасы железных руд в земной коре связаны с метаморфогенными и осадочными месторождениями.*

## a) Магматические титаномагнетитовые и ильменит

**титаномагнетитовые** месторождения приурочены к дифференцированным массивам основных и ультраосновных пород и контролируются зонами крупных глубинных разломов.

**Рудные тела** - **крупные гнезда, линзо- и жилообразные залежи.**

**Руды** - массивные и вкрапленные, состоят из

**титаномагнетита, ильменита, магнетита;**

Содержание основных компонентов (%):

железа 50–55; титана 8–12; ванадия 0,5–1;

низкие содержания серы и фосфора.

Запасы руд варьируют от 100 млн. т до 2 млрд. т.

Крупные месторождения данного типа расположены на

**Урале** (**Кусинское, Качканарское, Гусевогорское,**

**Первоуральское**),

**в Карелии**

**(Пудожгорское);**

**Забайкалье** (**Чинейское**),

**США** (**Тегавус**),

**Канаде,**

**Швеции** (**Таберг**),

**Качканарское и Гусевогорское** месторождения приурочены к качканарскому габбро-пироксенитовому массиву (площадью около 100 км<sup>2</sup>), который находится среди метаморфизованных вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород верхнего ордовика и силура.

Промышленная вкрапленность титаномагнетитов концентрируется главным образом в пироксенитах. Рудные тела – крутопадающие штоки круглой и эллипсовидной форм - прослеживаются на глубине до 2 км и выходят на поверхность.

Главного рудный минерал – *титаномагнетит*,  
второстепенные – *пирит, пирротин, реже*  
*халькопирит, борнит.*

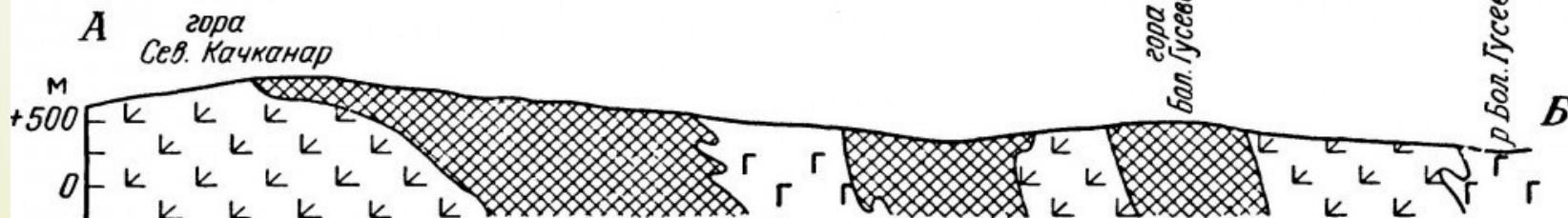
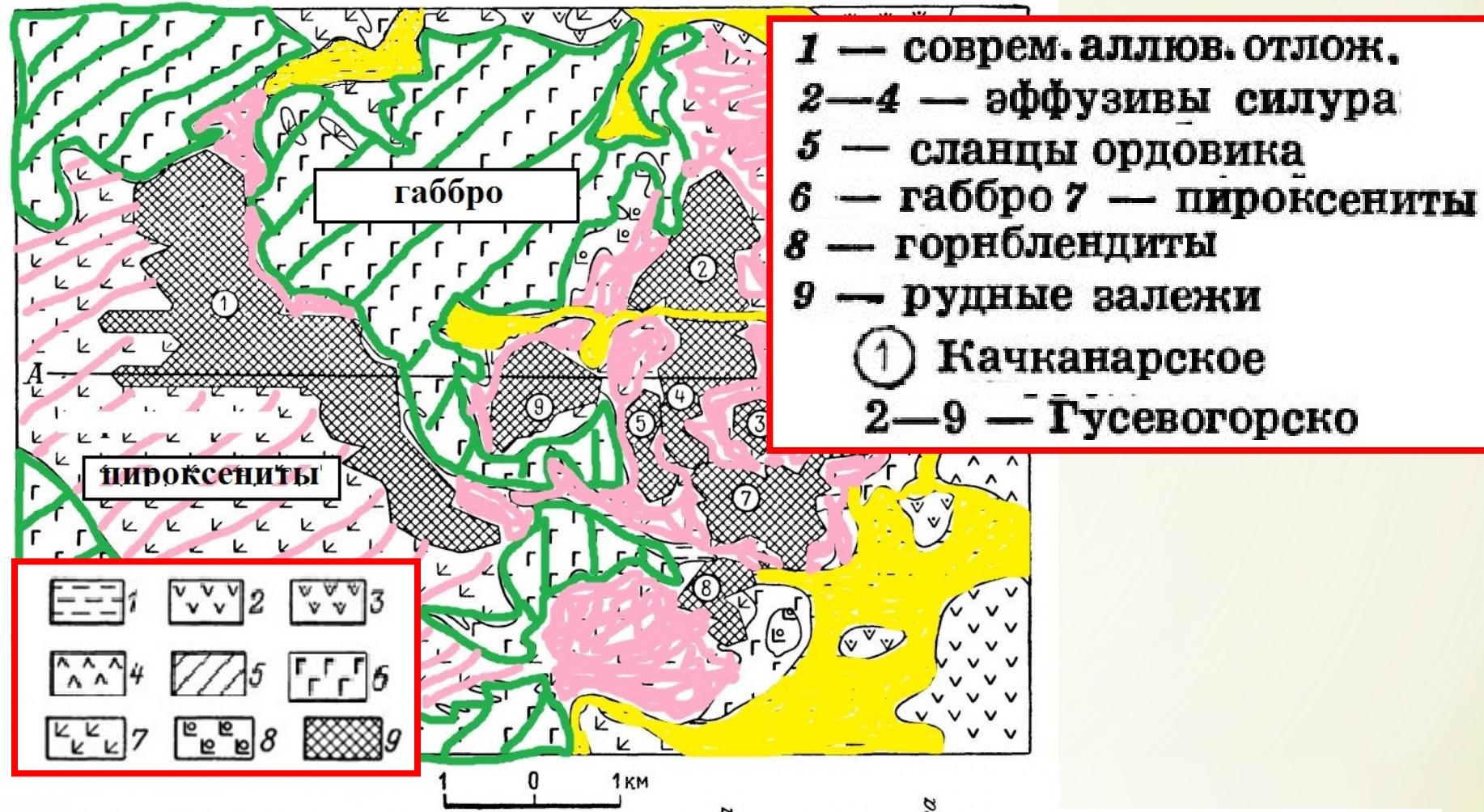
Нерудные минералы представлены пироксенами, амфиболами, оливином, серпентином, плагиоклазами и др.

Содержание железа 14–34 % (среднее 16,6 %), сера и фосфор практически отсутствуют.

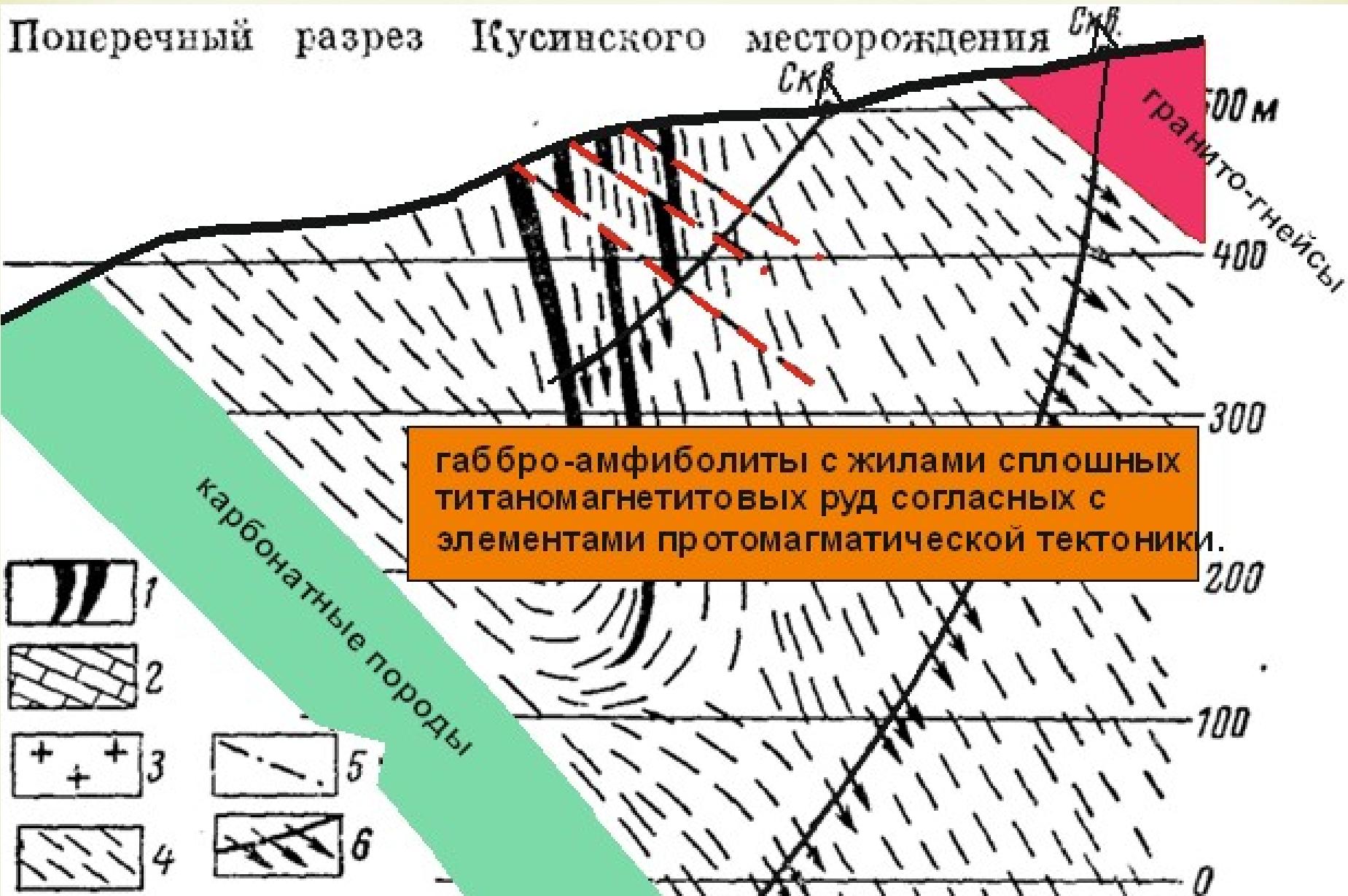
Балансовые запасы по категориям А+В+С<sub>1</sub> по Качканарскому месторождению на 01.01.2013 г. составляют 3,6 млрд. тонн

Месторождение разрабатывается открытым способом.

Схема геологического строения района Гусевогорского и Качканарского месторождений



# Поперечный разрез Кусинского месторождения



1 — сплошной титаномагнетит;

2 — карбонатные породы лежачего бока

3 — гранито-гнейсы; 4 — габбро-амфиболиты;

5 — тектонические нарушения

6 — направление структурных элементов (полосчатости)

## ***б) Карбонатитовые апатит-магнетитовые***

месторождения локализуются в пределах ***щелочно-ультраосновных интрузивов*** центрального типа и тесно связаны с зонами разломов.

Железорудные тела образованы преимущественно апатит-форстеритовыми породами с обильной ***вкрапленностью, жилами и прожилками магнетита***, включениями редкометалльных минералов.

К рассматриваемому типу относятся месторождения на Балтийском щите (***Ковдорское***), на Африканской платформе (*Люлекоп ЮАР; Дорова Зимбабве; Сукулу Уганда*), в Канаде и Бразилии.

Типичным примером может служить **Ковдорское месторождение**. Оно расположено на Кольском п-ове (Россия) и приурочено к одноименному массиву ультраосновных-щелочных пород и карбонатитов площадью 40 км<sup>2</sup>.

Массив представляет **многофазный интрузив** центрального типа, сложенный последовательно внедрившимися оливинитами, мельтейгитами, ийолитами, нефелиновыми сиенитами, а также сложным комплексом силикатных метасоматитов и карбонатитов.

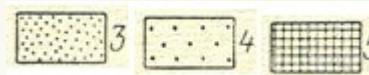
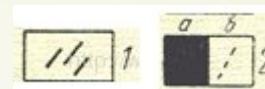
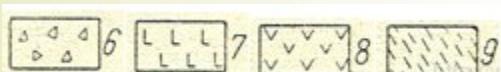
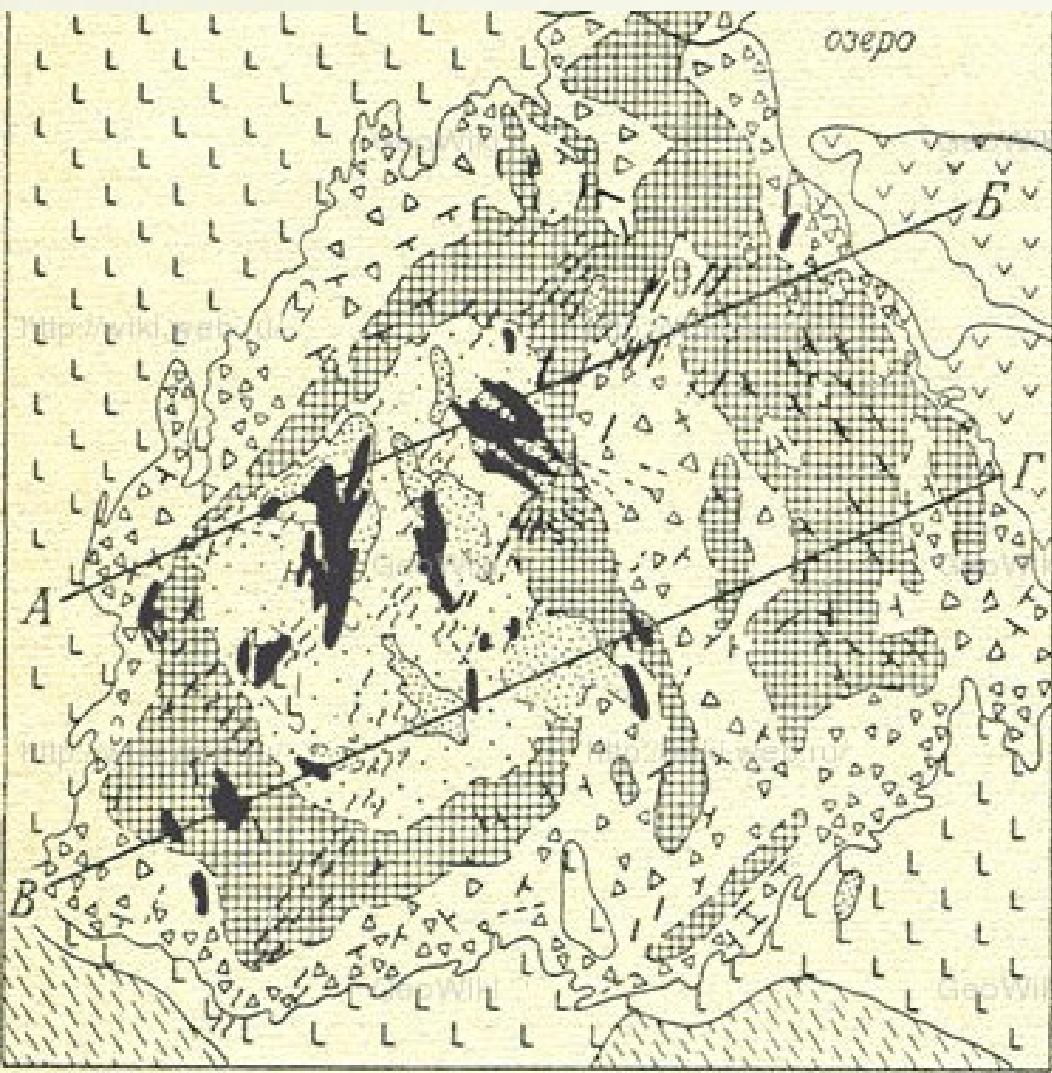
Оливиниты, слагающие его ядро имеют площадь около 8 км<sup>2</sup>.

Краевую зону массива слагают щелочные породы -

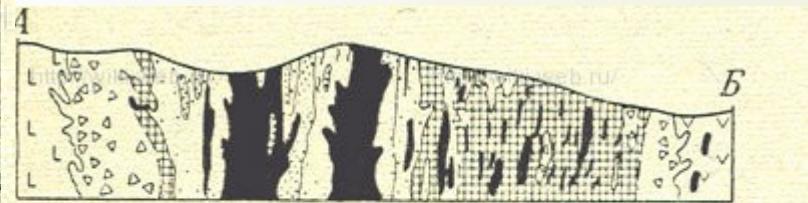
мельтейгиты, ийолиты, турьяиты.

Их внедрение по контакту оливинитов с вмещающими гнейсами сопровождалось активным изменением и тех, и других пород. **Гнейсы интенсивно фенитизированы.**

# Схема геологического строения Ковдорского магнетитового м-ния



3 - кальцит-магнетитовые руды;  
 4 - магнетитовые руды с кальцитом,  
 5 - магнетитовые апатит-форстеритовые руды



6 - апатит-форстеритовые породы  
 7 - ийолит-уртиты  
 8 - пироксениты; 9 - фениты;

Одним из заключительных этапов становления Ковдорского массива явилось формирование многочисленных карбонатитовых штокверков и пород магнетитового комплекса.

Эти породы весьма разнообразны и представляют наибольший промышленный интерес, так как именно с ними связаны месторождения бадделеит-апатит-магнетитовых и редкометальных руд.

А породы **железорудного комплекса** приурочены к юго-западной части массива, где они образуют вертикально падающее трубообразное "Главное тело" сечением 800x1300 м и ещё несколько линейно вытянутых тел.

Рудное тело неправильной трубообразной формы (в поперечнике 1000 м, разведано до глубины 600-800 м) осложнено многочисленными апофизами, жильными ответвлениями, зонами дробления и брекчирования.

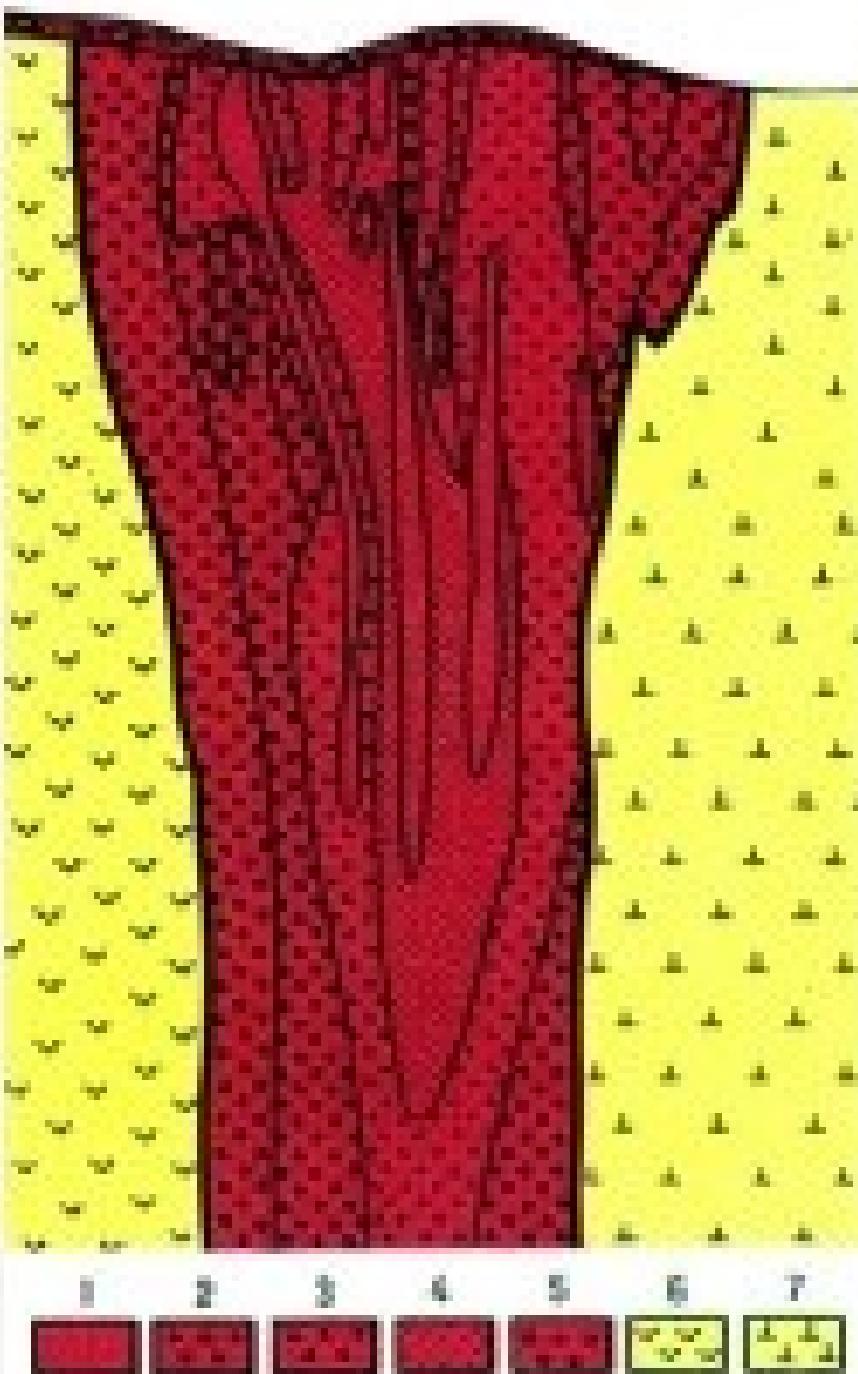
Вмещающие породы -- пироксениты, ийолиты и фениты.

Выделяют руды комплексные: апатит-магнетитовые,  
апатит-силикатные,  
апатит-карбонатные.

В комплексных апатит-магнетитовых рудах бортовое содержание Fe более 15%, в маложелезистых -- менее 15%. Текстура руд полосчатая, вкрапленная, пятнистая, массивная.

Главные рудные минералы -- *магнетит, апатит*, оливин, второстепенные -- ильменит, пирит, пирротин и др.

Запасы месторождения порядка 700 млн. т.



## Геологический разрез Ковдорского месторождения

- 1 - магнетитовые руды;
- 2 - апатит-форстерит-магнетитовые руды;
- 3 - апатит-карбонат-форстерит-магнетитовые руды;
- 4 - апатит-карбонатные руды;
- 5 - апатит-форстеритовые руды;
- 6 - ийолиты;
- 7 - пироксениты

**в) Скарновые магнетитовые и кобальт-магнетитовые** месторождения формируются **на контакте карбонатных пород с умеренно-кислыми гранитоидами, сиенитами**, порфиритами и другими породами. Они приурочены к зонам разломов и интенсивной трещиноватости.

Они широко распространены на Урале (Высокогорское, Гороблагодатское и др.), в Казахстане в Костанайской области (Соколовское, Сарбайское, Качарское и др.), России (Горная Шория и Хакассия: Тейское, Тельбес, Таштагол, Абаканское и др.), США (Айрон-Спрингс, Адирондак), Марокко (Риф), Румынии (Банат) и др. странах.

Месторождения *представлены пластообразными залежами, линзами, гнездами сплошных руд и вкрапленностью магнетитов в скарнах.*

Состав скарнов разнообразен: встречаются гранатовые, гранат-эпидотовые, пироксен-гранатовые, актинолитовые и эпидот-хлоритовые.

Содержание железа в рудах варьирует от 20 до 70 %. Нередко присутствует сера (до 3 %), связанная с вкрапленностью в рудах пирита и халькопирита.

В качестве ценной примеси присутствует кобальт.

Вмещающими являются *карбонатные, вулканогенные*, реже интрузивные породы.

Руды сложены

*магнетитом, мартитом, гематитом,  
пиритом, пирротином, халькопиритом,  
сфалеритом, галенитом.*

Среди нерудных минералов главную роль играют кальцит, кварц, гранаты, эпидот, хлорит, серпентин.

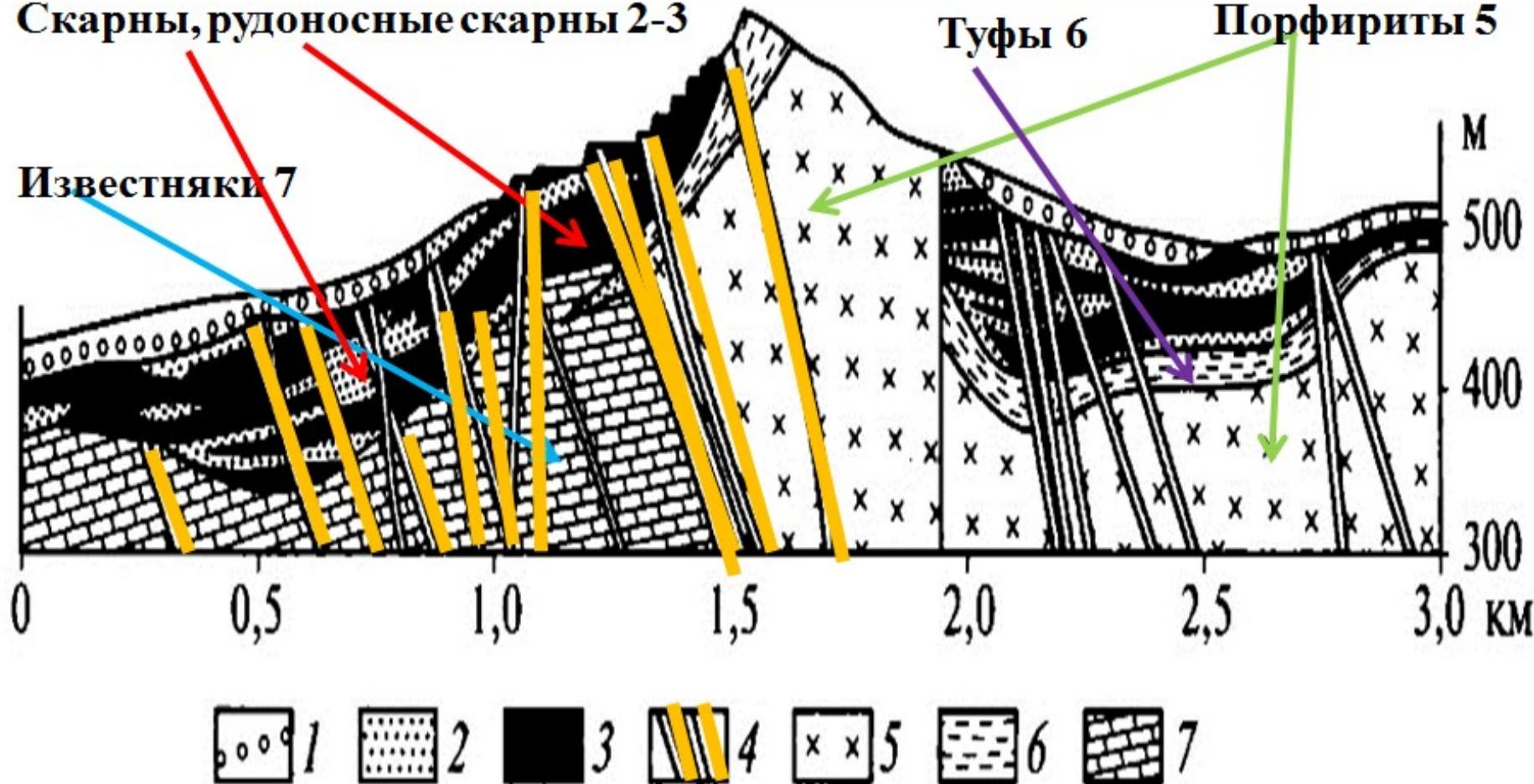
Запасы месторождений обычно *не превышают 100 млн т*, реже достигают 1 млрд. т.

## Скарны, рудоносные скарны 2-3

Известняки 7

Туфы 6

Порфиры 5



## Пластообразная залежь рудоносных скарнов горы Магнитной

1 — делювий с рудными валунами; 2 — скарны;

3 — рудные участки скарна;

4 — жилы диорита и порфира; 5 — порфиры;

6 — контактово-метаморфизованные туфы; 7 — известняки

Сарбайское месторождение (скарновое) – одно из самых крупных в Костанайской области.

Месторождение приурочено к зоне контакта **вулканогенно-осадочной толщи карбона с массивом диоритов**, осложненной продольными и поперечными разрывными нарушениями.

Три пластообразные рудные залежи меридионального простирания и западного падения ( $\angle 45\text{--}65^\circ$ ) *образовались в результате метасоматического замещения карбонатных пород* (рис....); длина их 1550–2000 м, мощность 100–80 м.

Вмещающие породы интенсивно **ороговикованы и скарнированы**. Среди скарнов выделяются скаполитовые, гранатовые, гранат-пироксеновые, актинолитовые и др.

Руды представлены в основном двумя типами:

массивными **магнетитовыми** и  
**рудоносными скарнами**.

# Геологический разрез Сарбайского месторождения



вмещающая толща: вулканогенно-осадочные породы валерьяновской свиты (C1). Сложена туфами, туффитами среднего и основного состава, известняками и туфобрекчиями альбитофирами и порфириитами, прорванных интрузиями кислого и среднего состава. В р-не месторождения это антиклинальная складка в ядре которой интрузия диоритов. Сарбайское м-ние локализовано в западном крыле а Соколовское на восточном.

*Магнетитовые руды* составляют 40% всех балансовых запасов месторождения. **Они состоят из магнетита, гематита, мушкетовита, пирита, халькопирита,** местами в них присутствуют пирротин, арсенопирит, сфалерит, галенит и минералы скарнов. В таких рудах среднее содержание Fe -54,9 %, S -4,3 %, P- 0,139 %.

*Магнетитовые (рудные) скарны* состоят из магнетита, сульфидов и *скарновых* минералов. В них содержание Fe- 20–50 %, S -2,9–3,2 %, P- 0,12–0,14 %. В таких рудах заключено 60 % всех запасов месторождения.

Руды Сарбайского месторождения содержат повышенные количества кобальта (в сульфидах), никеля, меди и других элементов. Разведанные запасы руд на месторождении составляют 700 млн. т. при среднем содержании 45,6 % железа.

Разработка месторождения ведется открытым способом. Бедные и средние руды обогащаются. Все руды, включая и богатые, подвергаются агломерации с целью их обессеривания.

Месторождение эксплуатируется преимущественно открытым способом. Около 2 % объема добычи дает подземная разработка.

## Качарское месторождение (скарновое)

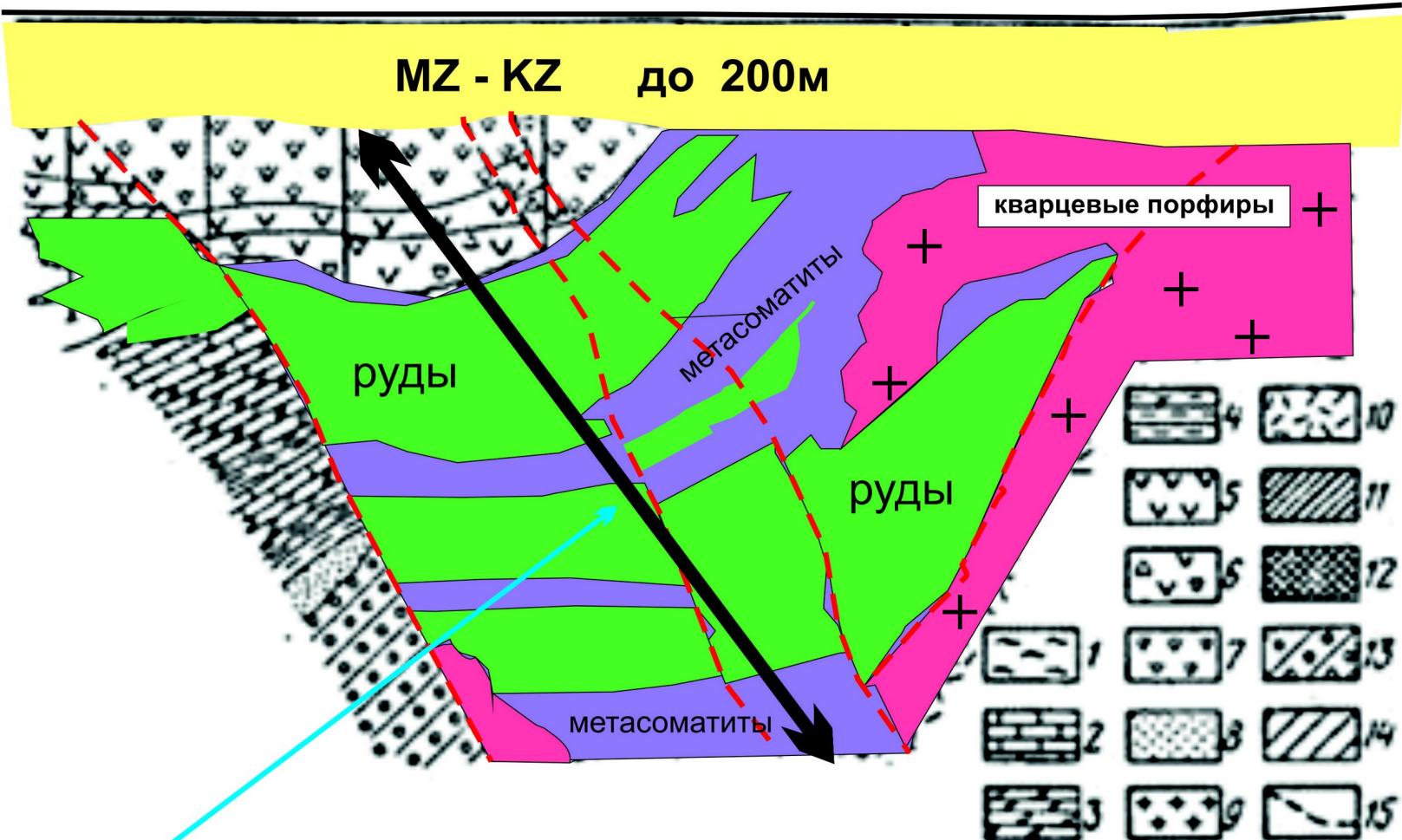
магнетитовых руд расположено в 40 км севернее Соколовско-Сарбайского рудного поля.

В геологическом строении месторождения принимают участие два комплекса пород –

**палеозойский (C<sub>1</sub>),** в состав которого входят рудные залежи

и **мезозой-кайнозойский чехол** мощностью до 200 м, перекрывающий породы и руды палеозойского комплекса (рис.)

Геологический разрез Качарского месторождения. По Я. Беляшову



Рудовмещающая осадочно-вулканогенная толща раннего карбона: известняки, конгломераты, песчаники, алевролиты, аргиллиты, альбитоиры, туфы, туфобрекции. Значительная часть толщи замещена магнетитовыми рудами (скаполитовые, пироксен-скаполитовые метасоматиты). На контактах скарны.

## *Комплекс палеозойских пород представлен:*

- осадочно-вулканогенной свитой пород раннекарбонового возраста.

Эта свита, *непосредственно вмещающая оруденение, сложена мраморизованными известняками, конгломератами, песчаниками, алевролитами, аргиллитами, альбитофирами, туфами и туфобрекчиями. Значительная часть этих пород частично или полностью замещена магнетитовыми рудами;*

- дорудными и пострудными гранит-порфирами;
- скарнами и рудами, образованными в зоне контакта гранит-порфиров с породами осадочно-вулканогенной толщи;
- дайками диабазовых порфиритов и альбитофириров.

На месторождении установлено три крупных разрывных нарушения типа сбросо-сдвигов – Северный, Центральный и Южный.

Все нарушения сопровождаются зонами дробления.

Главными рудными минералами являются *магнетит* (90–60 % от общего количества), гематит, халькопирит, сфалерит, пирротин, галенит.

Из нерудных минералов главный – скapolит, присутствующий в рудах в виде зернистых агрегатов, отдельных крупных кристаллов и друз. Кроме скapolита присутствуют так же альбит, хлорит, кальцит, гранат, пироксен и др.

Текстуры руд массивные и вкрапленные.

Структуры полнокристаллические.

По качеству руды разделяются на **богатые, бедные и убогие**. Характер распределения железа в рудах от равномерного до весьма неравномерного (коэффициент вариации от 30 до 125 %).

*Гидрогеологические условия Качарского месторождения весьма сложные. На месторождении выделены пять водоносных горизонтов, четыре из которых приурочены к отложениям мезозой-кайнозоя и один (пятый) к палеозойскому комплексу пород.*

*Руды и вмещающие породы устойчивые. Средняя плотность руд: богатых магнетитовых  $3,8 \text{ т}/\text{м}^3$ , бедных магнетитовых  $3,2 \text{ т}/\text{м}^3$ .*

**г) Метаморфизованные гематит-магнетитовые месторождения**, содержащие подавляющую массу мировых запасов и дающие до 60 % мировой добычи, представлены *докембрийскими толщами железистых кварцитов* и связанными с ними телами богатых руд, *приуроченных к древней метаморфизованной коре выветривания кварцитов.*

*Железистые кварциты* по минеральному составу, степени метаморфизма и текстурным особенностям подразделяются на

*джеспилиты, роговики и такониты.*

К главным минералам этих пород относятся кварц, магнетит, гематит, амфиболы, пироксены, хлорит и биотит.

Содержание железа изменяется от 20 до 45 %; характерны низкие содержания серы и фосфора, хорошая обогатимость руд. Запасы железистых кварцитов на месторождениях *составляют десятки-сотни миллиардов тонн.*

*Богатые руды* развиты в пределах плащеобразных и линейных залежей.

*Плащеобразные* залежи принадлежат к *тиpicным корам выветривания.*

Они несогласно перекрывают крутопадающие пласти железистых кварцитов.

**Линейные залежи** – это уходящие на глубину клинообразные рудные тела значительной мощности, расположенные среди железистых кварцитов. Они возникли в зонах разломов, трещиноватости, смятия и дробления в процессе метаморфизма.

Богатые руды **плащеобразных** залежей сложены **мартитом, магнетитом, гематитом, гидроксидами железа**, глинистыми минералами.

**Руды линейных залежей** состоят из **магнетита, гематита (железной слюдки)**, амфиболов, пироксенов, кварца и карбонатов.

Метаморфогенные железорудные месторождения известны

- **в бассейне КМА** (Коробковское, Лебединское, Стойленское, Михайловское, Яковлевское и др.),
- **Криворожском железорудном бассейне** (Ингулецкое, Скелеватское, Первомайское и др.),
- **на Кольском полуострове** и в Карелии (Оленегорское, Костомухское),
- **Казахстане (Карсакпайская группа),**
- **Приморье (Малый Хинган).**

В дальнем зарубежье месторождения этого типа широко распространены в КНР, КНДР, Индии (*Бихар, Ориссо*), Австралии (*Хамерсли*), ЮАР, Либерии (*Нимба*), Канаде (*Лабрадор*), США (оз. *Верхнее*), Бразилии.

## **Криворожский железорудный бассейн** (Кривбасс)

занимает площадь более **300 км<sup>2</sup>**.

Продуктивным является отдел криворожской серии протерозоя, в разрезе которого чередуют **железистые и сланцевые** горизонты.

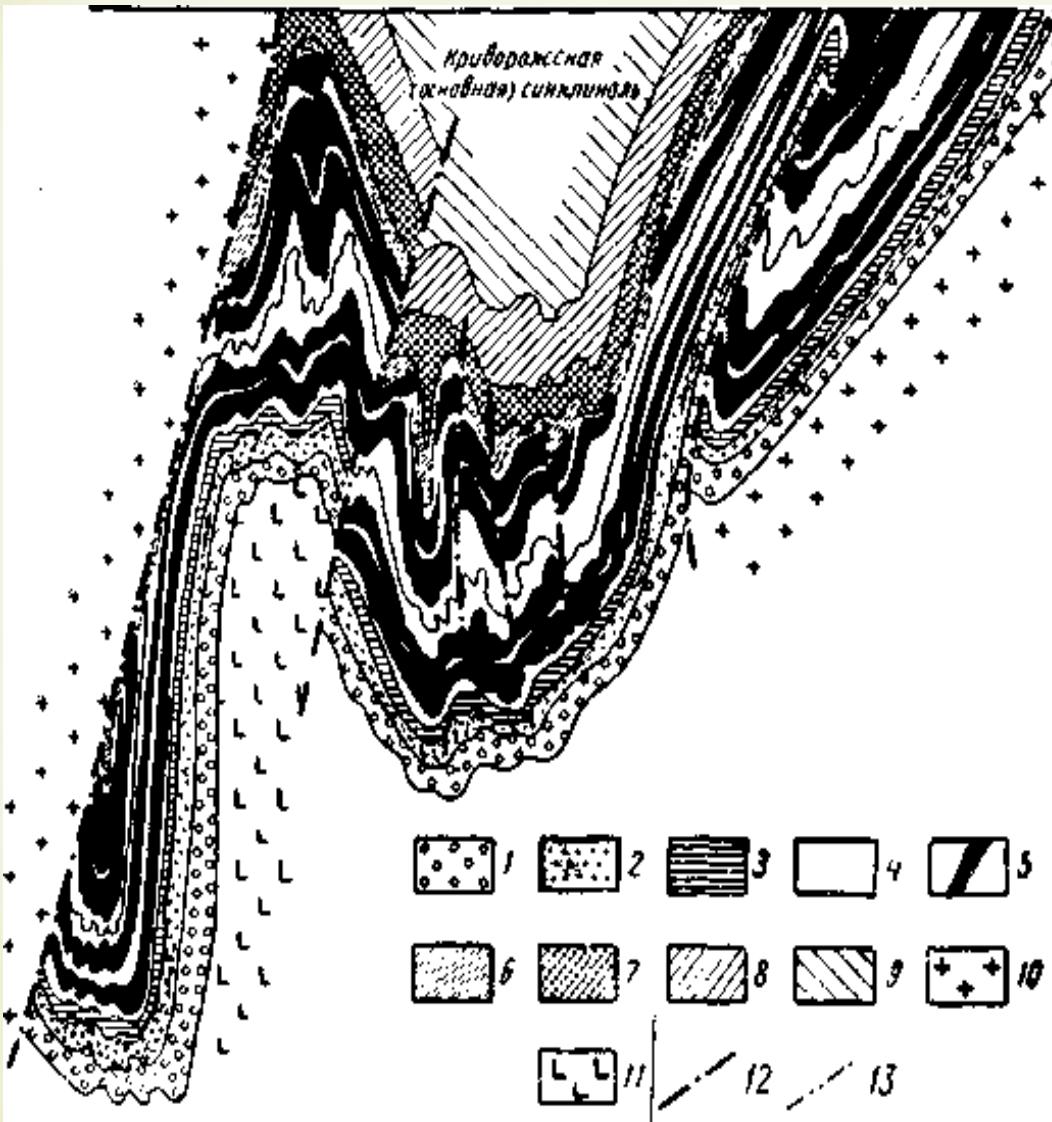
Геологическая структура Кривбасса очень сложная. Образуемые породами криворожской серии синклиниорий и складчатые структуры осложнены многочисленными сбросами, надвигами, изоклинальной складчатостью, плойчатостью и др.

**Железистые горизонты** (их насчитывают до девяти) сложены *магнетитовыми, гематит-маргитовыми, гидрогематитовыми рудами и джеспилитами с содержанием железа 24–45%.*

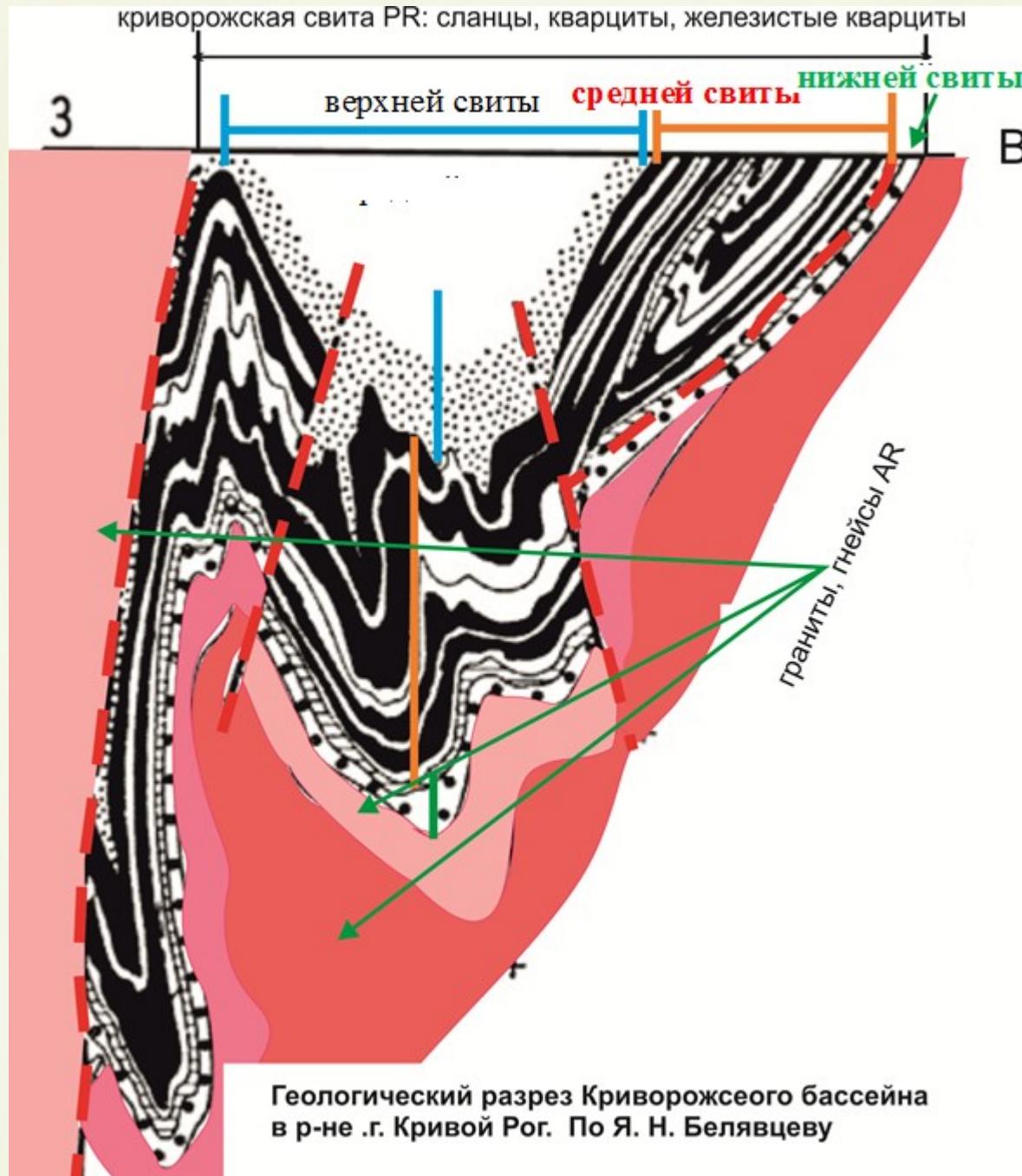
Запасы железистых кварцитов составляют 18 млрд. т.

В бассейне установлено около 300 рудных залежей пластовой, линзовидной, штоко- и столбообразной формы, приуроченных к крыльям и шарнирам складок, зонам дробления и трещиноватости.

Рис. 53. Тектоническая схема Криворожского бассейна. По Я. Н. Белевцеву.



1 — аркозы; 2 — филлиты;  
3 — тальковые сланцы;  
4 — сланцы железорудной  
формации; 5 — железистые  
горизонты; 6 — роговиково-  
песчанистый горизонт;  
7 — кварц-серицитовые  
сланцы; 8 — углисто-  
графитовые сланцы;  
9 — слюдисто-биотитовые  
сланцы; 10 — граниты и  
мигматиты; 11 — амфибо-  
литы; 12 — линии тектони-  
ческих нарушений;  
13 — линии стратиграфи-  
ческих несогласий.



Размеры залежей по простиранию от 100 до 1000 м,  
мощность их от 10 до 100 м,  
на глубину они прослежены до 800 м, иногда до 1400 м.

Среди богатых руд выделены следующие разности:

- *марититовые и гематит-марититовые,*
- *маритит-гематит-гидрогётические,*
- *гематит-гидрогётические,*
- *магнетитовые.*

Богатые руды характеризуются высоким содержанием железа (54–64 %) и низким серы и фосфора;  
присутствуют также марганец и ванадий.

Запасы богатых руд более 1,5 млрд. т.

Разработка месторождений ведется подземным способом.

**Железорудный бассейн КМА** (Курской магнитной аномалии) имеет площадь **70 тыс. км<sup>2</sup>**.

В его пределах развит комплекс интенсивно дислоцированных и метаморфизованных **пород докембрия** (кристаллические сланцы, гнейсы, железистые кварциты, известняки), **который перекрыт** горизонтально залегающей осадочной толщей (глины, известняки, пески, песчаники). Мощность осадочных пород колеблется от 30 до 600 м

Железистые кварциты КМА по составу и текстурам близки криворожским. В описываемом районе это мощные пласти магнетитовых и железно-слюдковых кварцитов. Среднее содержание железа составляет 32–36 %.

*Богатые руды КМА* представлены преимущественно мартитовыми, сидерит-мартитовыми и железно-слюдковыми (гематитовыми) разностями, залегающими на железистых кварцитах в виде крупных линз и пластообразных *тел коры выветривания*.

Залежи имеют протяженность от 3,5 до 30 км  
при ширине от 100 до 3000 м  
и мощности от 9 до 120 м.

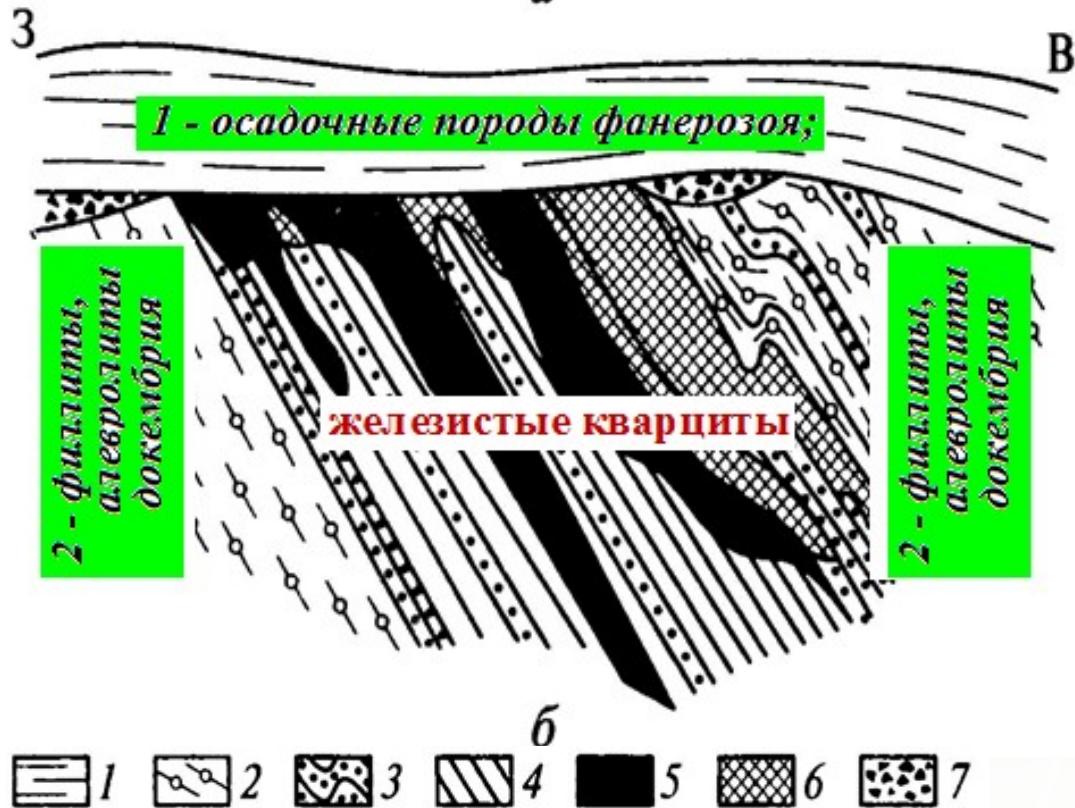
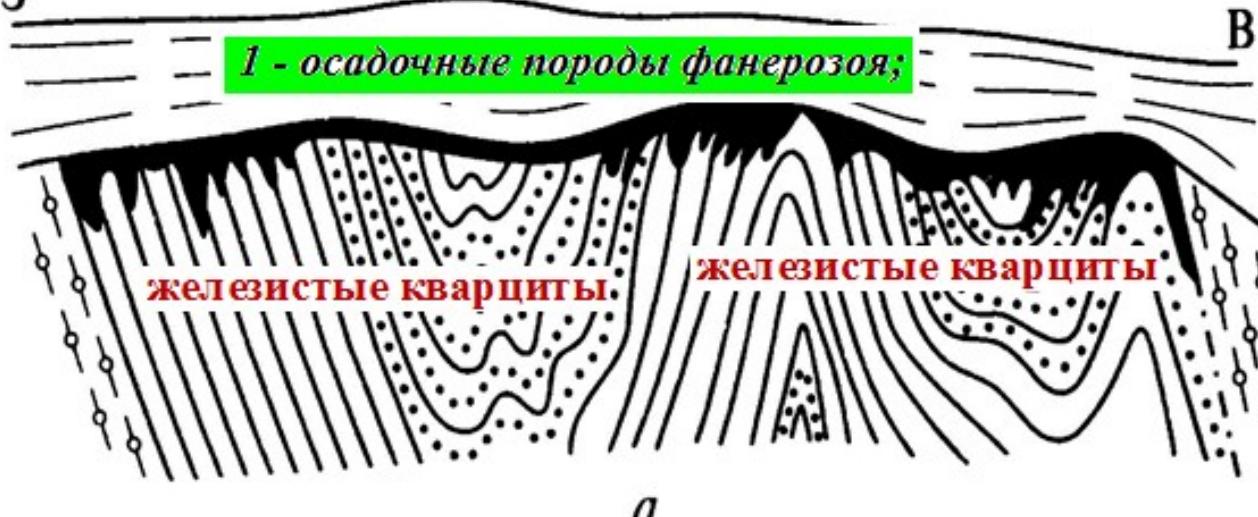
Нижняя граница их изменчива, богатые руды в виде языков и карманов уходят в железистые кварциты на значительную глубину (300–400 м) от поверхности докембрийского фундамента (рис. ....).

Руды отличаются **высоким** содержанием железа (48–69 %) и **низким** – кремнезема, серы и фосфора.

Прогнозные ресурсы КМА до глубины 700 м оцениваются в 850 млрд. т, богатых железных руд – до глубины 1200 м – в 80 млрд. т.

Большинство месторождений разрабатываются открытым способом.

3



Месторождения богатых руд в корах выветривания (Белгородский район КМА) (по В. И. Синякову, 1994):

разрезы м-ний:

а - Михайловского;

б - Яковлевского;

1 - осадочные породы фанерозоя; 2 - филлиты, алевролиты докембрия; 3 - куммингтонит-магнетитовые кварциты; 4 - магнетит - гематитовые (железнослюдковые) кварциты; 5 - богатые мартит-железно-слюдковые руды; 6 - богатые дисперсноге матитовые и гидрогётитовые руды; 7 - переотложенные руды

1 - осадочные породы фанерозоя;

железистые кварциты

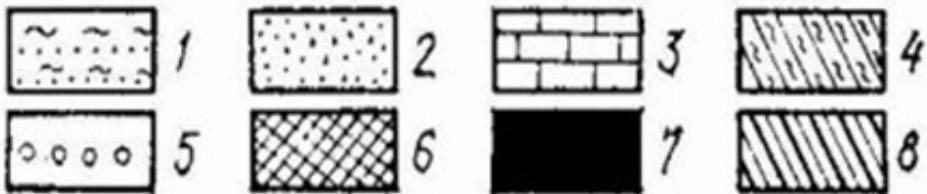
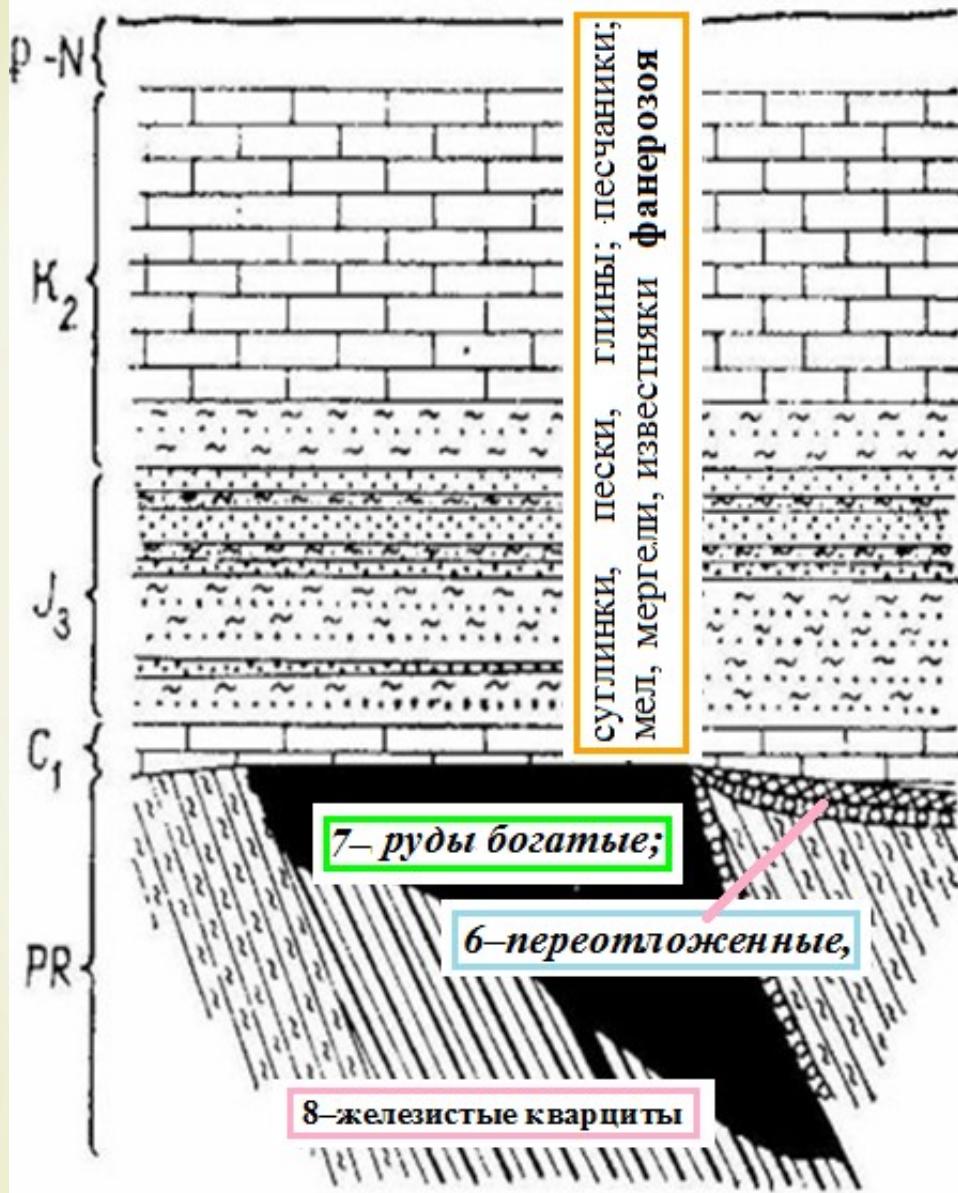
железистые кварциты



Месторождения богатых руд в корах выветривания (КМА) (по В. И. Синякову,

### разрез м-ния Михайловское;

- 1 - осадочные породы фанерозоя;
- 2 – филлиты, алевролиты докембрия;
- 3 – куммингтонит-магнетитовые кварциты;
- 4 – магнетит - гематитовые (железнослюдковые) кварциты;
- 5 - богатые мартит-железно-слюдковые руды;
- 6 - богатые дисперсноге матитовые и гидрогётиловые руды;
- 7 - переотложенные руды



## д) Вулканогенно-осадочные месторождения

встречаются относительно редко.

К ним относится

Западный Каражал в Казахстане,  
Терсинская группа в Кузнецком Алатау,  
в Алжире *Гара Джебилет и Мешери* ,  
в Германии месторождения Лан и Дилль.

Они пространственно связаны, как правило, с синклинальными зонами эвгеосинклинальных формаций, связаны с вулканогенными фациями и залегают среди туфов и туффитов либо приурочены к известнякам, кремнисто-карбонатным яшмовидным и аргиллитовым породам.

Рудные пласти обычно деформированы вместе с вмещающими их толщами. Руды сложены гематитом, магнетитом и сидеритом. В них встречаются сульфиды – пирит, халькопирит, арсенопирит, сфалерит, галенит, а среди нерудных (жильных) минералов – серицит, хлорит, кварц, опал, халцедон, доломит, анкерит, апатит и др.

Промышленное значение месторождений этой группы невелико.

Типичным представителем этой группы является **месторождение Западный Каражал (рис....).**

Оно находится в Центральном Казахстане примерно в 110 км к юго-западу от ст. Жана Арка.

В районе месторождения развиты свита

- *эффузивных и туфогенных* пород **D 1-2**

(мощность до 1,5 км)

и такой же мощности свиты

- *осадочных пород D<sub>3</sub> – C<sub>1</sub>*

Породы, слагающие эти свиты, сильно дислоцированы, смяты в складки, разбиты разломами и прорваны дайками диоритов и диоритовых порфиров.

До глубины 600 м породы залегают под углом 45–50°, формируя сложную по строению синклиналь.

Рудная залежь образует пластообразное тело, прослеживающееся по простиранию на 6,5 км и по падению на 0,8 км.

Мощность этого тела 20–40 м.

В нижней части рудной залежи развиты гематитовые руды, в средней – преимущественно магнетитовые, а верхней – бедные гематитовые и марганцевые руды.

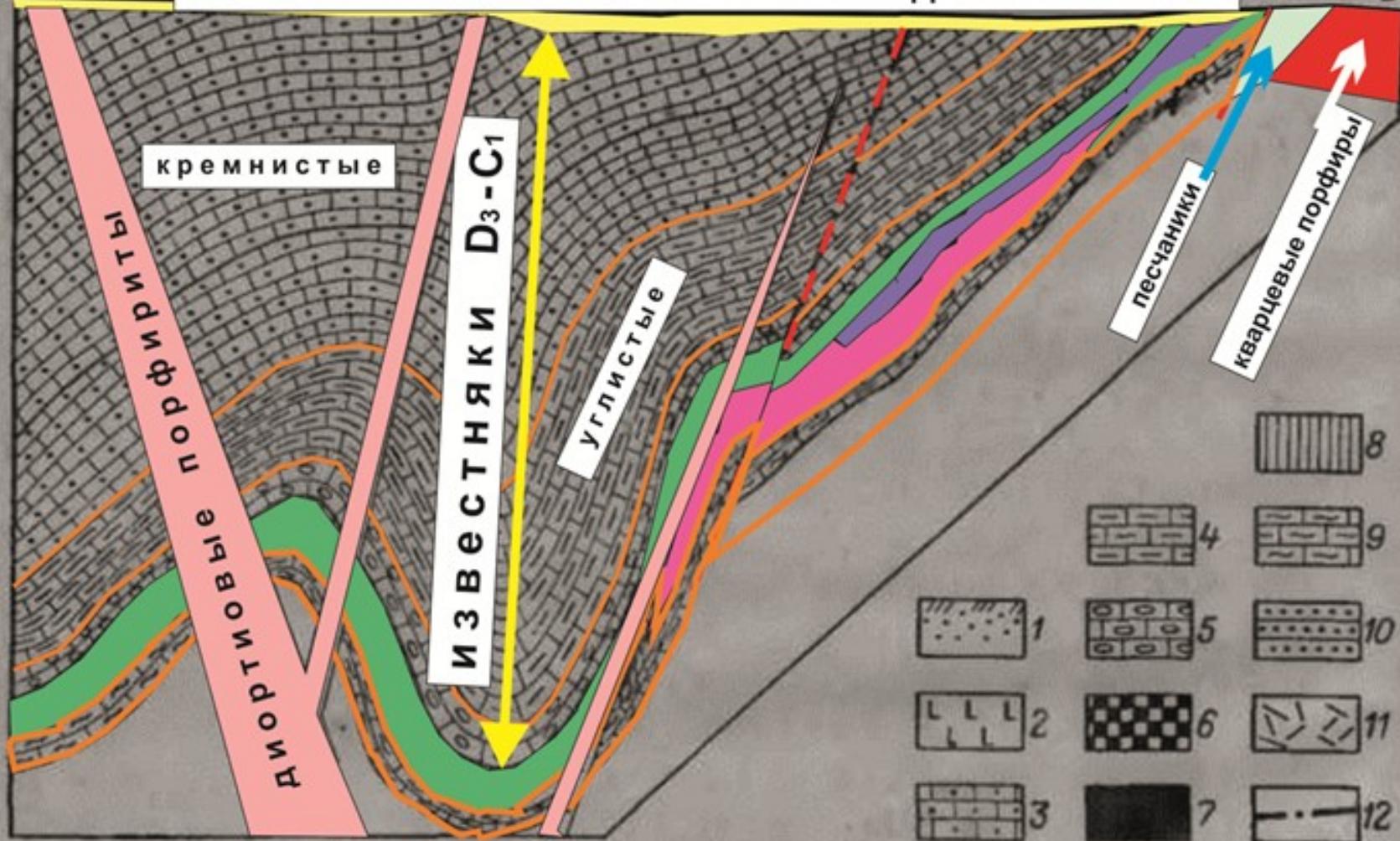
Второстепенные минералы – сидерит, барит, пирит, галенит, сфалерит.

Разведанные запасы месторождения превышают 300 млн т руды, со средним содержанием Fe - 55,6 %,  $\text{SiO}_2$  - 12,4 %, S - 0,6 % и P - 0,03 %.

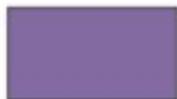
Ю

С

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ М-НИЯ ЗАПАДНЫЙ КАРАЖАЛ



руды:



магнетитовые



гематитовые



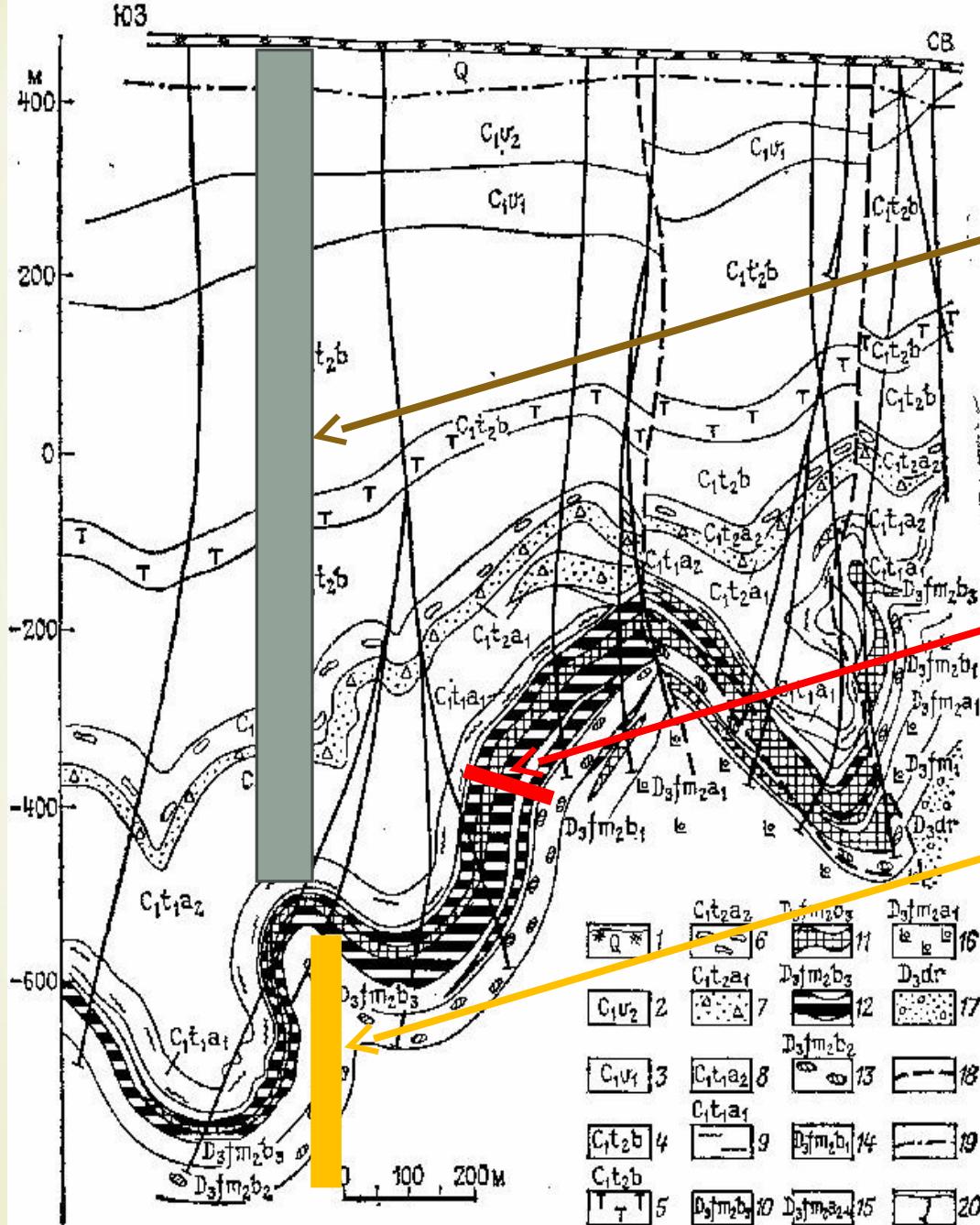
железо-марганцевые

*Геологический разрез месторождения Западный Каражал.*

*По Г. Момджи, В. Кавуну и С. Чайкину.*

1 - четвертичные суглинки; 2 - диоритовые порфиры; 3-5 — известняки: 3 - кремнистые,  
4 - углистые, 5- с прослойми роговиков; 6-8—руды: 6- магнетитовые, 7 - гематитовые,  
8 -железо-марганцевые; 9- кремнисто- карбонатные породы; 10- песчаники,  
11-кварцевые порфиры; 12 - тектонические нарушения

Рудный пласт залегает между углисто-кремнистыми известняками с прослойми яшм в лежачем боку и известняками с прослойми яшмовидных пород — в висячем. В нижней части рудной залежи развиты гематитовые руды, в средней — преимущественно магнетитовые, в верхней — бедные гематитовые марганцовистые руды. В основании рудной залежи прослеживается тонкий марганцеворудный пласт.



Вулканогенно-  
осадочные  
отложения карбона

Руды железа и марганца

Кремнисто-карбонатные  
породы девона

Рис. 1.4. Геологический  
разрез месторождения  
Западный Каражал:

*Рис. 1.4. Геологический разрез месторождения Западный Каражал: 1—четвертичные отложения; 2—песчаники полимиктовые; 3—кремнистые и глинисто-карбонатно-кремнистые породы, туффиты, туфы; 4—известняк пепельно-серый, серицит-кремнисто-карбонатные породы; 5—пирокластические породы; 6—известняк желваковистый; 7—горизонт поджелваковистый – седиментные брекчии известняковые, алевролиты; 8—глинисто-кремнисто-известковые породы флишиоидного строения; 9—известняки кремнистые и детритовые, серицитолиты; 10—кремнисто-карбонатные породы красноцветные; 11—железные руды; 12—марганцевые руды; 13—кремнисто-карбонатные породы; 14—хлорит-глинисто-карбонатные породы линзами железных и марганцевых руд; 15—глинисто-карбонатно-кремнистые породы с прослойми пиритовых ритмитов, 16—базальты и трахибазальты, туфы; 17—дайринская свита; 18—разрывные нарушения; 19—граница коры выветривания; 20—разведочные скважины*

## e) Месторождения выветривания

образуются при

- **латеритном выветривании основных и ультраосновных пород (остаточные)** или
- **в результате выщелачивания железа из пород и первичных руд**, выноса его и отложения в зоне восстановления (**инфилтратационные**).

**На остаточных месторождениях *природнолегированных бурых железняков* развиты преимущественно пластообразные залежи и покровы.**

Для руд характерны землистые и колломорфные текстуры, а также *присутствие в их составе хрома, марганца, никеля, кобальта.*

Содержание железа в рудах от 30 до 50%.  
Масштабы запасов от 20 млн т до 2 млрд т.

В СНГ подобные месторождения имеют незначительные запасы (*Халиловское, Елизаветинское* на Урале, *Малкинское* на Кавказе), тогда как за рубежом встречаются весьма крупные месторождения – *на Кубе (Моа), в Гвинее Калун), Филиппинах, Гвиане, Суринаме.*

Инфильтрационные месторождения представлены гнездами, линзами и пластообразными залежами сидерит-лимонитовых руд с обломочными, конгломератовыми и желваковыми текстурами.

Рудные тела *затекают среди выветрелых кремнистых пород и известняков.*

Содержание железа в них 30–45%.

Запасы руды – сотни миллионов тонн.

Мелкие месторождения этого типа известны на Урале (*Алапаевское, Синаро-Каменское*).

Крупные месторождения выявлены в Великобритании и Германии.

## и) Осадочные месторождения

железных руд имеют **важное промышленное значение** (30% мировой добычи).

Среди них различают **морские и континентальные**.

**Морские** месторождения являются весьма крупными объектами;

они **залегают среди песчано-глинистых прибрежных** осадков.

Среди осадочных **морских железорудных** месторождений различают **геосинклинальные и платформенные**.

*Геосинклинальные* представлены *сидеритовыми* (Бакальская группа месторождений Западного склона Южного Урала) и *гематитовыми* месторождениями в терригенно-карбонатных отложениях (Нижнеангарское, Клинтон в США).

*Платформенные* морские месторождения сложены *сидерит-лептохлорит-гидрогематитовыми* рудами (Аятский, Керченский, Западно-Сибирский, Лотарингский бассейны).

Руды оолитовые по текстурам, гематитовые, гидрогётитовые и сидеритовые по составу;

они образуют крупные пологопадающие пласти, линзы и залежи.

Содержание железа в рудах 20–50%; отмечается постоянная примесь марганца и ванадия.

Масштабы запасов – сотни миллионов-миллиарды тонн.

К этому типу принадлежат **Керченское (Крым), Аятское (Казахстан) и Нижне-Ангарское (Сибирь) месторождения.**

Из зарубежных объектов необходимо назвать **Лотарингский бассейн** в Европе (запасы 15 млрд т), месторождения США, Канады, Австралии.

**К континентальным** осадочным принадлежат мелкие месторождения в России, крупное **Лисаковское** месторождение в Казахстане и др.

Им присуще невысокое качество руд, малые масштабы запасов, ограниченное промышленное значение.

Характерным представителем осадочных морских бассейнов платформенного типа является *Керченский железорудный бассейн*.

Площадь его составляет 150 км<sup>2</sup>. Территория бассейна сложена *верхнетретичными отложениями*, смятыми в пологие складки с осями, вытянутыми в широтном и северо-восточном направлениях. Верхнетретичные отложения включают ряд пластов глин, переслаивающихся с песками, а в нижней части с известняками.

Рудный пласт подстилается известняками понтического яруса (нижний плиоцен). В центральных частях мульд он залегает горизонтально, а на крыльях наклонен под углом 10–15°. Мощность пласта колеблется от 2–3 м на крыльях до 25–30 м в осевых частях мульд.

Рудный пласт сложен в основном оолитовыми рудами. Размер оолитов варьирует от долей миллиметра до 5–10 мм.

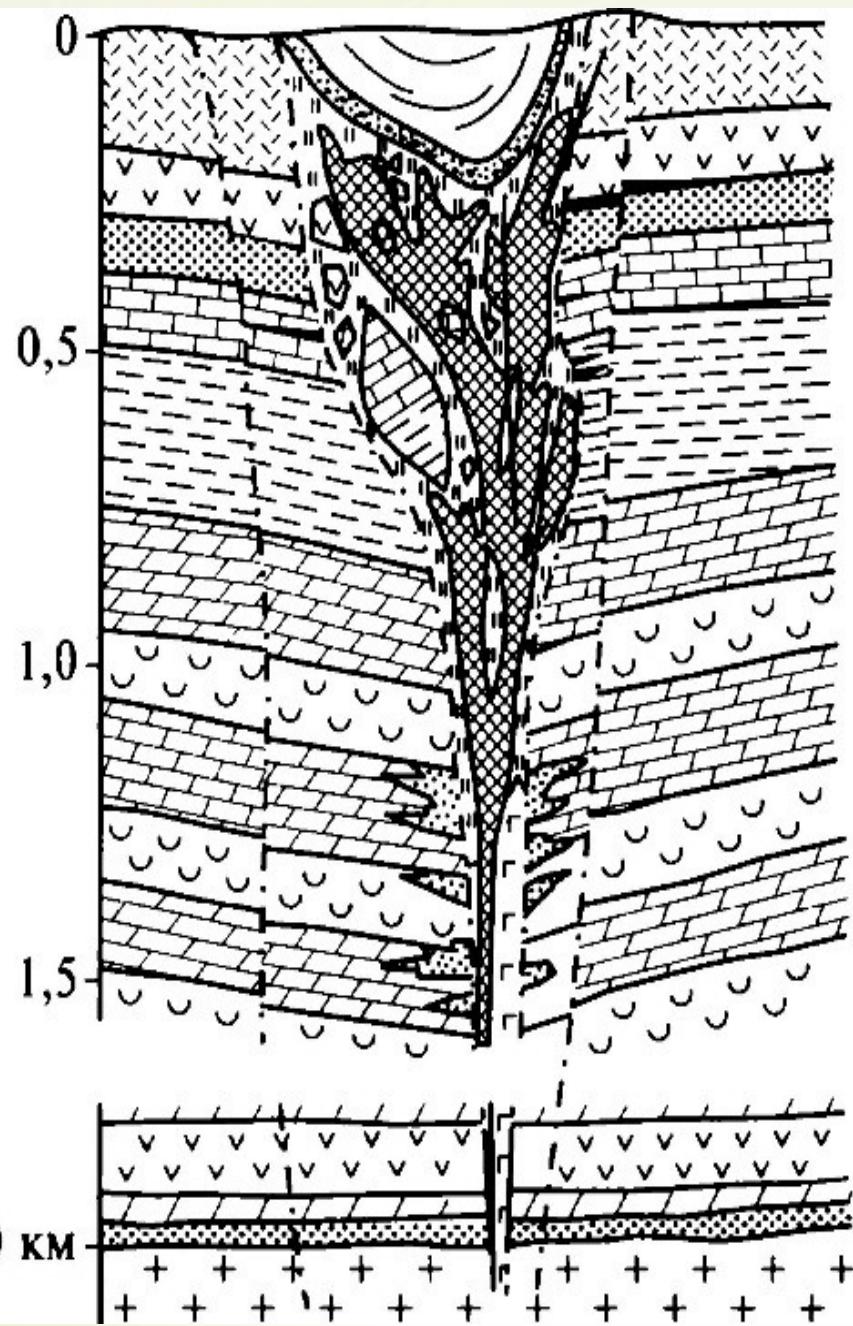
Главными *типами руд являются «табачные» и «коричневые»*. Первые формировались в окислительно-восстановительной зоне, вторые за счет первых в окислительной зоне. Второстепенными являются марганцево-железистые «икряные» руды, отличающиеся от «коричневых» повышенным содержанием марганца. Наиболее высококачественные «коричневые» руды, главными минералами которых являются гидрогётит и ферримонтмориллонит, а второстепенными – псиломелан, пиролюзит, гипс, арагонит, кальцит, пирит, керченит, кварц, полевой шпат и глауконит.

В «коричневых» рудах содержится (%):

Fe -37,7; MnO -3; V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> -1,20; P -1,0; S -0,06; As -0,13.

## *Осадочные континентальные месторождения*

представлены преимущественно бурожелезняковыми рудами озерного и болотного генезиса. Такие руды широко распространены на Восточно-Европейской платформе и известны в Тульской и Липецкой областях. Они характеризуются низким содержанием железа (до 30–40 %). Наиболее крупное месторождение этого типа – *Лисаковское* было открыто в 1960-х годах в Костанайской области. Рудные залежи здесь вытянуты на десятки километров вдоль палеорусел рек. Содержание Fe в рудах 30–35 % и P около 0,5 %.



- |    |    |    |    |
|----|----|----|----|
| 1  | 2  | 3  | 4  |
| 5  | 6  | 7  | 8  |
| 9  | 10 | 11 | 12 |
| 13 | 14 | 15 | 16 |

*Рис. 6.6. Обобщенная модель строения магнетитового месторождения в магматогенно-эксплозивной трубке зоны текtonомагматической активизации Сибирской платформы (по В. И. Синякову, 1994):*

*1 — туфы (T); 2 — тонкослоистая толща вулканомиктовых алевролитов с обломками магнетитовой руды в нижней части («чашечные руды»); 3 — песчаники; 4 — известняки; 5 — аргиллиты и алевролиты; 6 — доломиты; 7 — каменная соль; 8 — сорудные базальтоиды диатремовой ассоциации; 9 — интрузивные долериты триаса; 10 — породы кристаллического фундамента; 11 — текtonические разломы; 12 — метасоматиты рудной зоны; 13 — скарны известковые и магнезиальные; 14 — магнетитовые руды вкрапленной, брекчие видно- прожилко-вой и массивной текстуры; 15 — пластообразные стратиформные рудные залежи; 16 — крутопадающие рудные жилы*

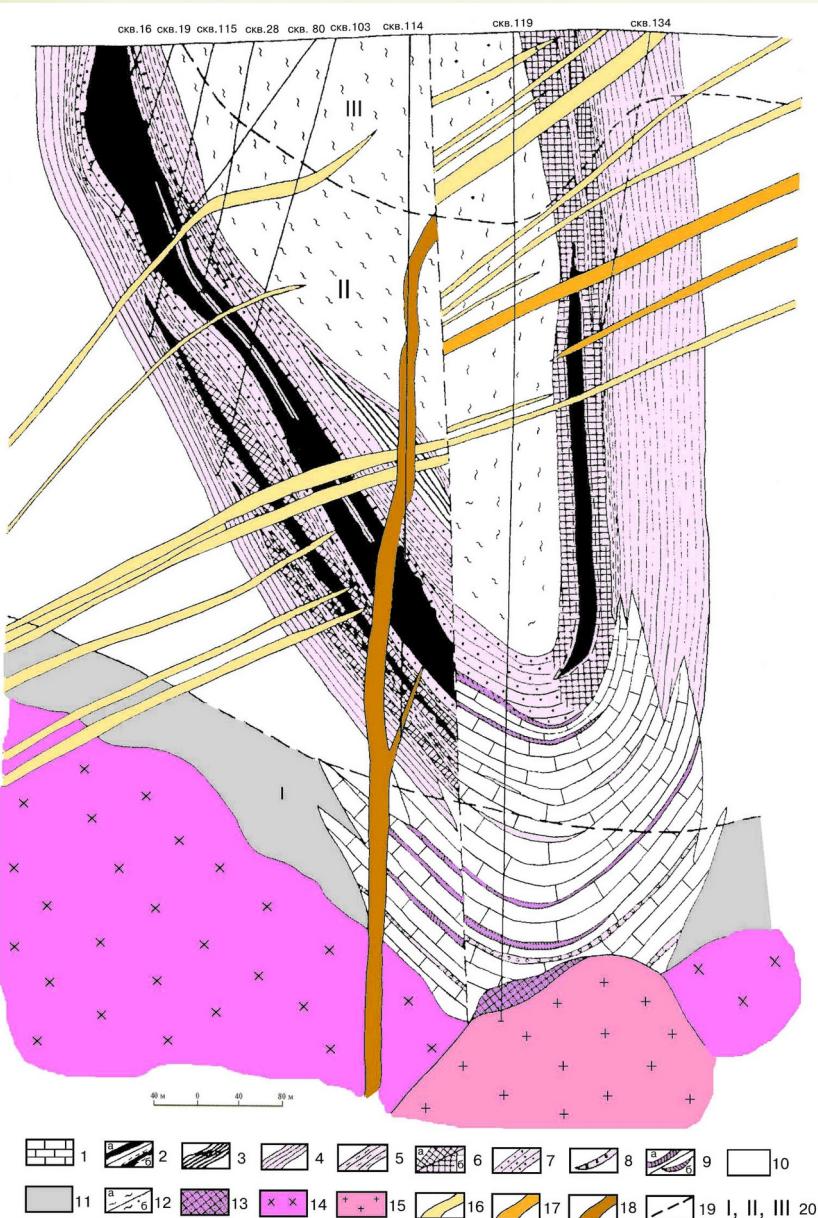


Рис. 20. Метаморфические преобразования пород и стратифицированных руд в надинтрузивной зоне. Месторождение Кентобе. Поперечный разрез.

1 - мраморизованные известняки; 2 - богатые магнетитовые руды; 3 - бедные магнетитовые руды; 4 - скарноиды пироксен-плагиоклазовые; 5 - скарноиды пироксен-гранат-полевошпатовые; 6 - скарноиды существенно-гранатовые гроссуляр-андрадитового (а) и андродитового (б) состава; 7 - скарноиды пироксен-гранатовые; 8 - скарноиды кварц-волластонитовые; 9 - кальцифиры хондрит-флогопит-шпинель-кордиеритовые с периклазом (а), гранатовые с пироксеном (б); 10 - роговики кварц-полевошпат-биотитовые и кварц-полевошпат-мусковит-биотитовые; 11 - роговики пироксеновые; 12 - роговики: а - узловатые с андалузитом и хиастолитом, б - пятнистые с альбитом, эпидотом; 13 - скарны везувиановые с гранатом, флюоритом и молибденитом; 14 - гранодиорит; 15 - граниты лейкократовые; 16-18 - дайки: 16 - альбитофиры, 17 - гранит-порфиры, 18 - диоритовых порфиров; 19 - тектонические нарушения; 20 - I, II, III - фации метаморфизма: I - пироксен-роговиковая, II - амфиболовая, III - амфибол-эпидотовая.