

ДИСЦИПЛИНА: «ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»

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

Лекция №4.

1. Промышленные типы месторождений: ХРОМА, ТИТАНА, ВАНАДИЯ

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

Х Р О М

Хром - твердый металл серебристо-белого цвета, не окисляющийся на воздухе и в воде.

Основным продуктом переработки хромовой руды является **феррохром**.

В зависимости от назначения выпускаются три марки феррохрома:

- высокоуглеродистые (до 8% C)
- среднеуглеродистые (до 4% C)
- малоуглеродистые (0,25-0,5% C).

Промышленное использование хрома основано на его жаропрочности, твердости и устойчивости к коррозии.

Наибольшее применение имеют **сплавы с железом (феррохром)** в виде высокопрочных нержавеющей сталей с заданными свойствами.

В виде хромита употребляется в **огнеупорной промышленности**

Химическая промышленность выпускает хромпики (двуххромовокислые соли натрия и калия) и другие соединения хрома, используемые в качестве красителей, дубителей и др.

уникальные — запасы сотни миллионов тонн,
крупные — десятки миллионов тонн,
мелкие — единицы миллионов тонн.

Металлургическая промышленность потребляет
руды

с содержанием Cr_2O_3 более 48%, S и P менее 1%

и соотношением $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ больше 3;

химическая — Cr_2O_3 более 44, Fe_2O_3 менее 14, SiO_2
менее 5 %;

огнеупорная — Cr_2O_3 более 32, SiO_2 менее 6, CaO
менее 1%.

В природе известно около 30 хромсодержащих минералов.

Промышленное значение имеет лишь несколько минералов из группы хромшпинелидов с общей формулой - **(Mg, Fe) (Cr, Al, Fe)₂O₄**.

Наибольший интерес представляют

магнохромит - $(\text{Mg, Fe})\text{Cr}_2\text{O}_4$,

хромпикотит - $(\text{Mg, Fe}) \cdot (\text{Cr, Al})_2\text{O}_4$ и

алюмохромит - $(\text{Fe, Mg}) (\text{Cr, Al})_2\text{O}_4$

Собственно хромит FeCr_2O_4 встречается очень редко.

*Качество хромитовых руд определяется
количественным соотношением оксидов
 Cr_2O_3 , FeO , Fe_2O_3 , MgO , Al_2O_3 .*

Самые крупные месторождения хрома находятся в ЮАР, Казахстане, России, Зимбабве, Мадагаскаре.

Также есть месторождения на территории Турции, Индии, Армении, Бразилии, на Филиппинах.

Казахстан	210.0 млн.т
ЮАР	200.0
Индия	54.0
США	0.6
Всего запасы	464.6

Казахстан занимает второе место в мире по балансовым **запасам** хромитовых руд и их **производству**.

Балансом учтено 21 месторождение, и балансовые запасы хромитовых руд составляют около 230 млн.т.

Все промышленные месторождения находятся в Кемпирсайском рудном районе Западного Казахстана.

К уникальным месторождениям хромитовых руд относится месторождение Алмаз-Жемчужина. Крупными являются месторождения Миллионное, Молодежное, Геофизическое ХП, Юбилейное.

Размещение основных месторождений хромовых руд Республики Казахстан

100 км 0 100 200 300 км



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- Граница Республики Казахстан
- - - Границы областей
- Границы регионов
- Железные дороги
- Автомобильные дороги
- Астана
- Столица
- Караганда
- Областные центры
- Жезказган
- Города

- Месторождения хромовых руд
- Южно-Кемпирсайская группа месторождений
- Заводы по переработке хромовой руды
- Действующие комбинаты
- Транспортные поставки хромовой руды
- Экспорт продукции

Генетические типы промышленных м-ний

1. Магматические (ранне- и позднемагматические)
2. Россыпные (5% мировых запасов)

Раннемагматические месторождения.

- **Бушвельдский массив** основных и ультраосновных пород.
- Великая дайка (Зимбабве)

Позднемагматические месторождения в гипербазитах.

- В Казахстане (Кемпирсай),
России, Армении, Турции, Иране, Индии,
Албании, Судане и на Кубе

Раннемагматические месторождения

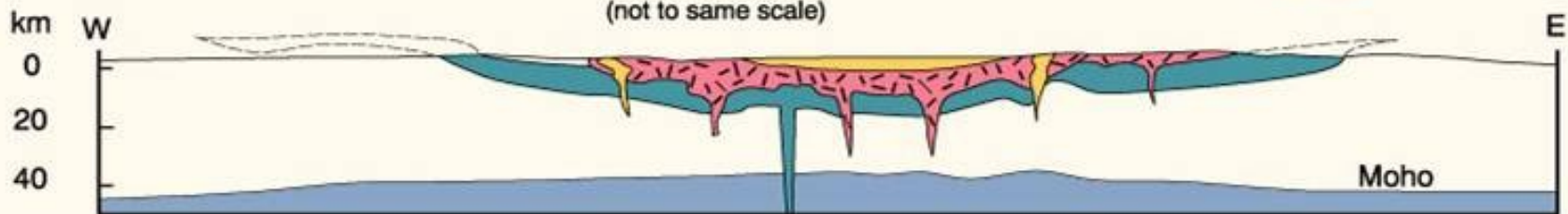
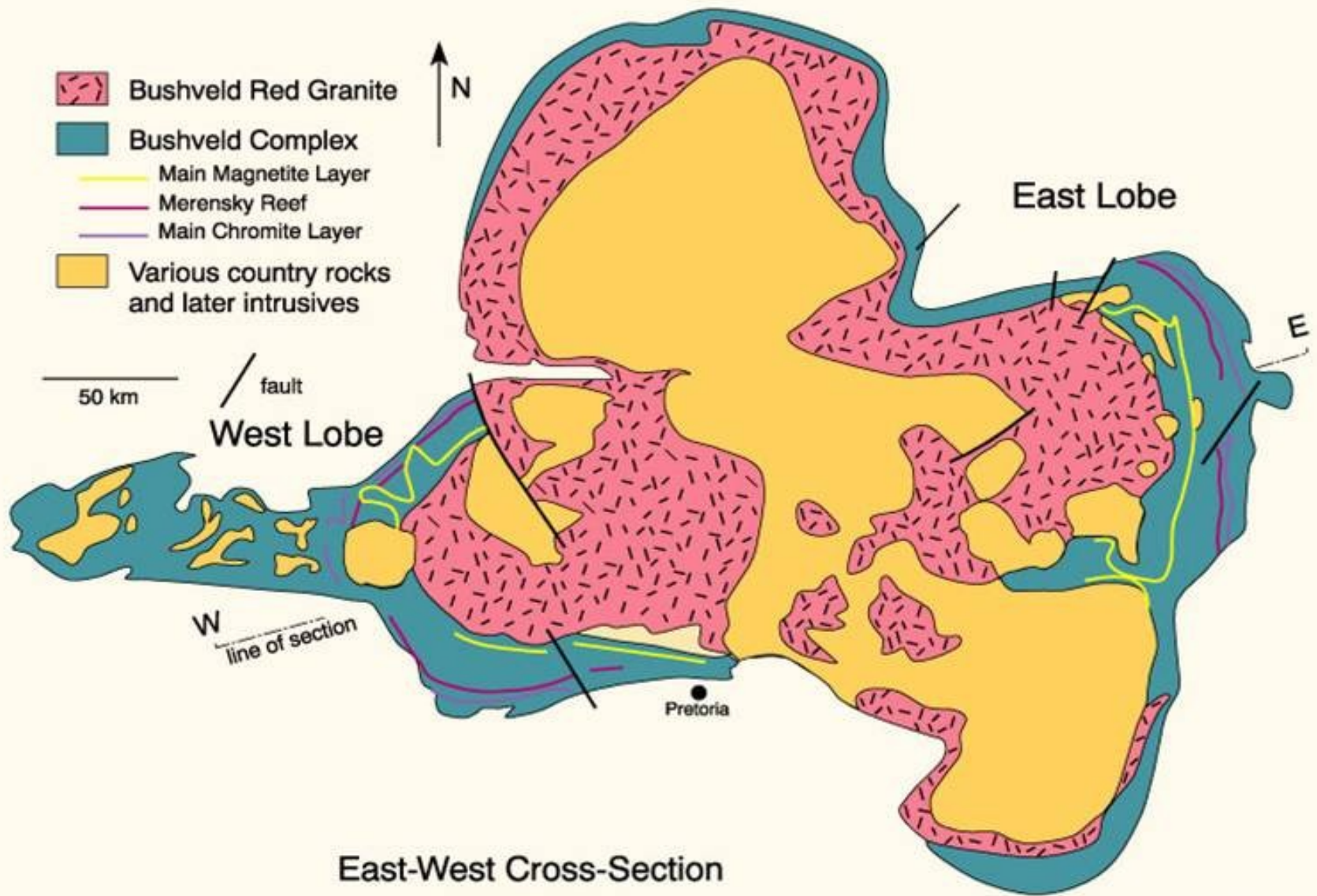
- Находятся на платформах в нижних горизонтах расслоенных массивов основного-ультраосновного составов, сложенных дунитами, перидотитами, пироксенитами, габбро, анортозитами.
- Рудные тела представлены серией маломощных параллельных хромитовых пластов, мощностью от нескольких сантиметров до нескольких метров. Хромитовые пласты имеют длину до нескольких десятков километров. Руды массивные, густовкрапленные, среднехромистые огнеупорные.
- Нерудные минералы оливин, серпентин, пироксены.

Месторождения – Бушвельд (ЮАР), Великая Дайка (Зимбабве).

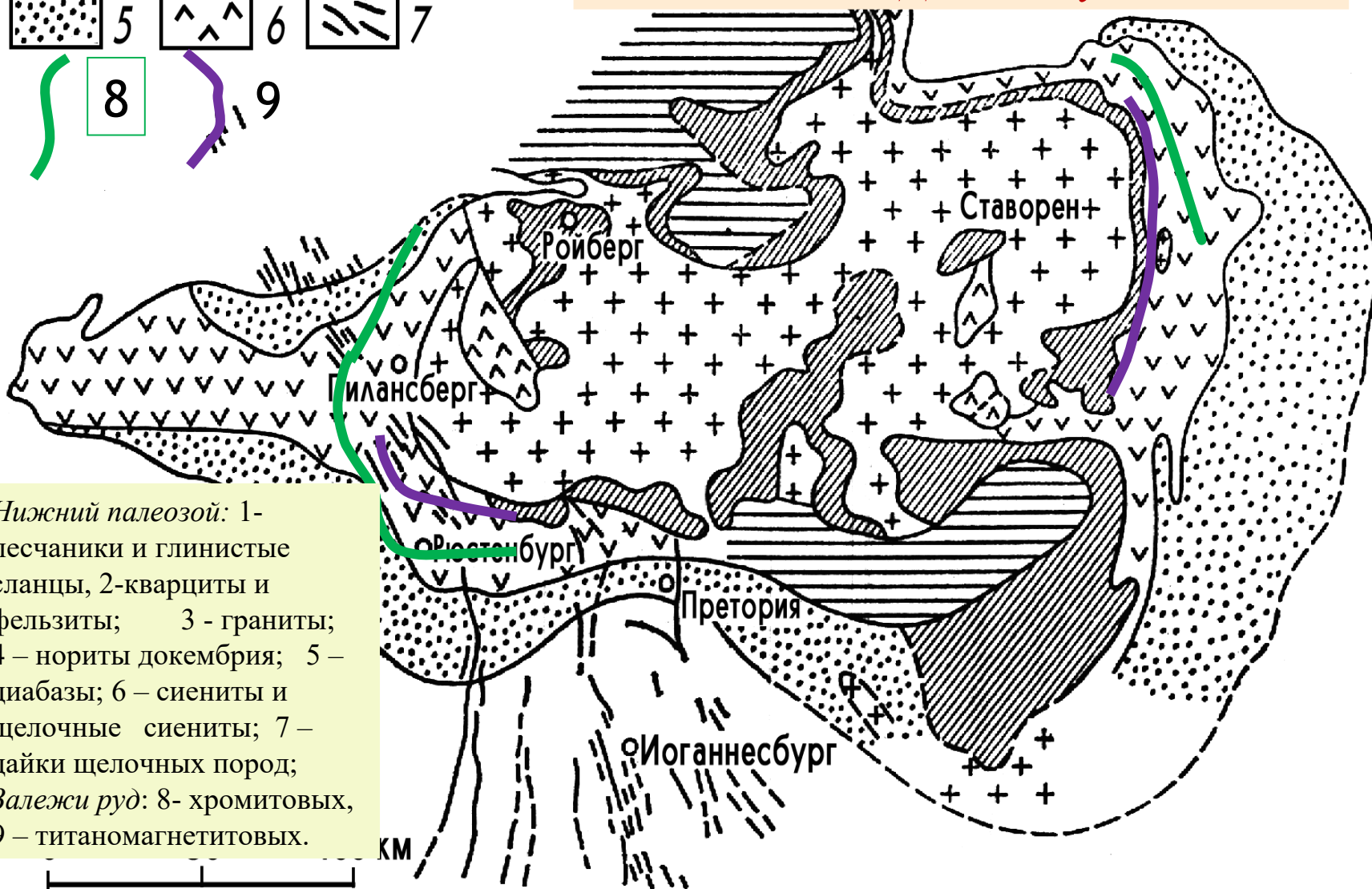
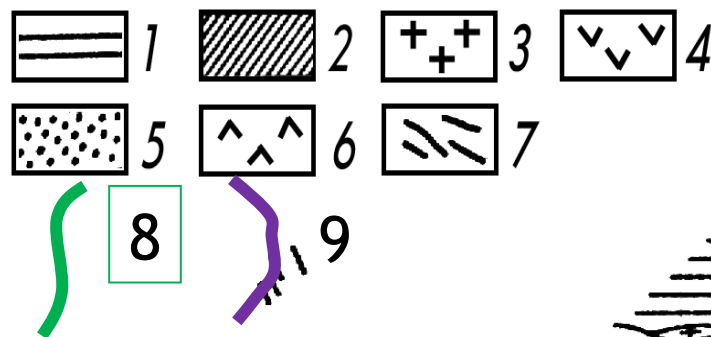
Бушвельдский массив (ЮАР) представляет собой грандиозный лополит протяженностью с запада на восток 460 км и с севера на юг 250 км, сужающийся и погружающийся к центру под углами 15—30° (рис.).

Он внедрился в мощную толщу кварцитов и эффузивов протерозоя (трансваальская система) в протерозойское же время.

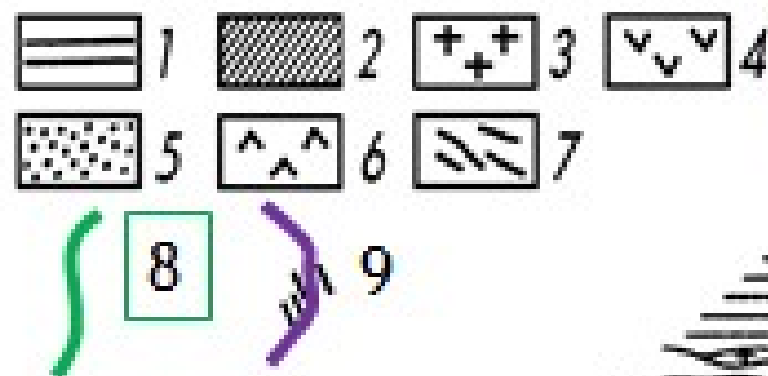
Главная особенность внутреннего строения массива — его расслоенность.



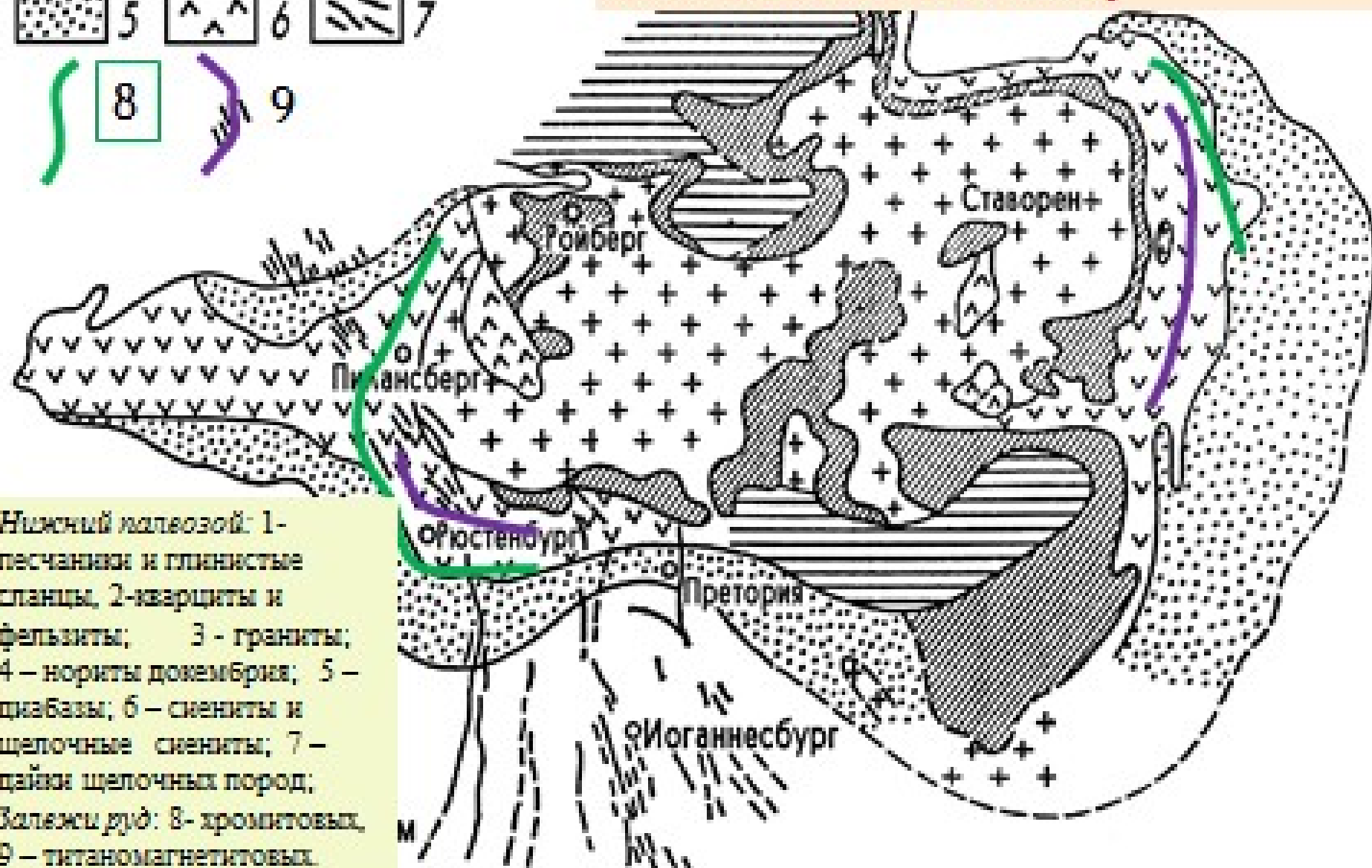
Геологический план Бушвельдского лополита. По А.Дю-Тойту



Нижний палеозой: 1-песчаники и глинистые сланцы, 2-кварциты и фельзиты; 3 - граниты; 4 – нориты докембрия; 5 – диабазы; 6 – сиениты и щелочные сиениты; 7 – дайки щелочных пород; Залежи руд: 8- хромитовых, 9 – титаномагнетитовых.



Геологический план Бушвельдского лополита. По А.Дю-Гойту



Нижний палеозой: 1-песчанники и глинистые сланцы, 2-габбро и фельзиты; 3 - граниты; 4 - нориты докембрия; 5 - диориты; 6 - сиениты и щелочные сиениты; 7 - дайки щелочных пород; Залежи руд: 8- хромитовых, 9 - титаномагнетитовых.

В массиве снизу вверх отмечается следующая смена пород (рис.):

- нориты мощностью 350 м (зона Закалки);
- нориты, перемежающиеся с перидотитами, мощностью 1500 м (Базальная зона);
- нориты с прослоями пироксенитов и анортозитов мощностью около 1000 м (Критическая зона);
- габбронориты мощностью 3500 м (Главная зона);
- габбродиориты мощностью 2000 м (Верхняя зона).

**СХЕМАТИЧЕСКАЯ КОЛОНКА
Бушвельдского лополита**

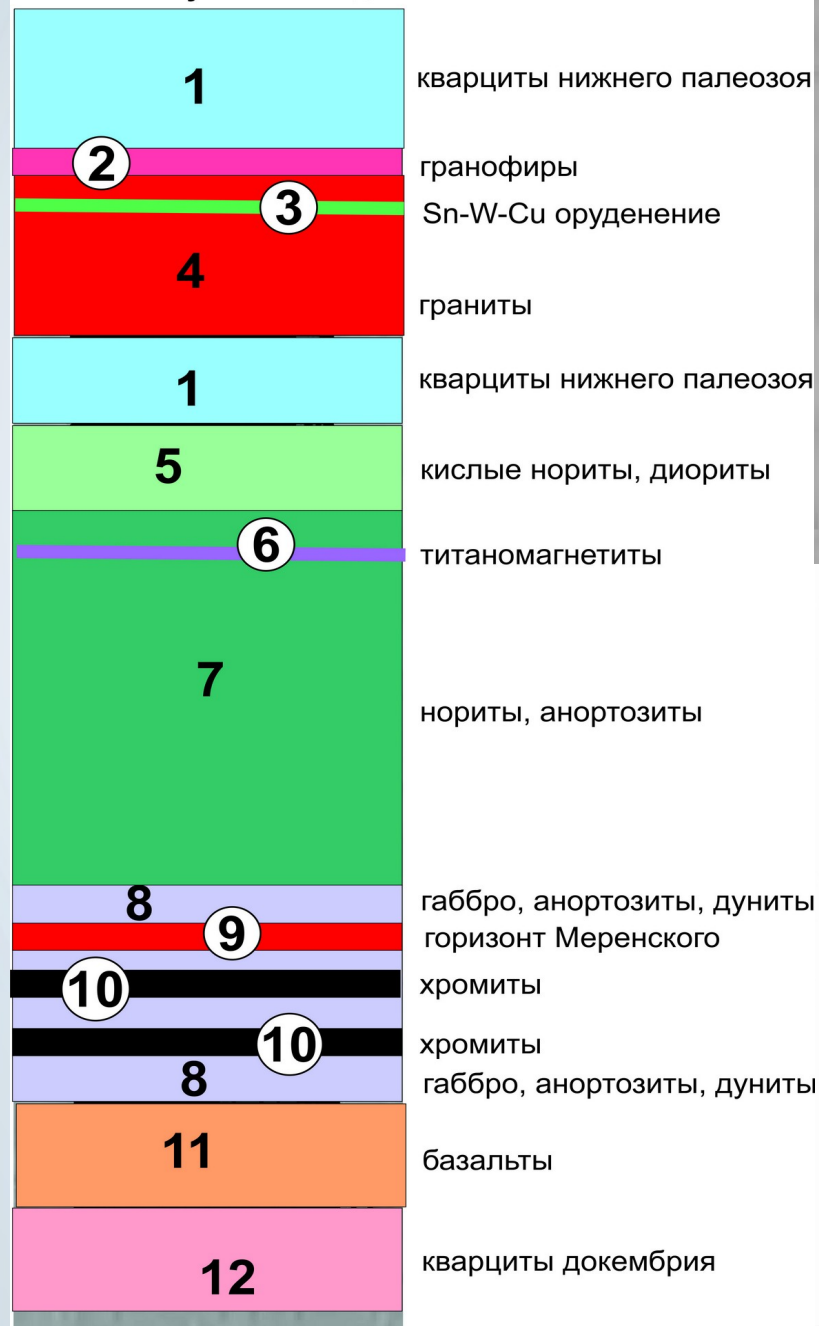


Рис. 21. Схематическая геологическая к
Бушвельдского лополита. По А. Дю-Тойту

1 — кварциты и фельзиты нижнего палеозоя; 2 —
фиры; 3 — оловянное и олово-вольфрам-медное о-
дне; 4 — граниты; 5 — кислые нориты, диориты;
таномангнетиты; 7 — нориты, анортозиты; 8 — б-
ты, нориты, габбро, анортозиты, дуниты; 9 — п-
Меренского; 10 — хромиты; 11 — базальты; 12 —
ты докембрия

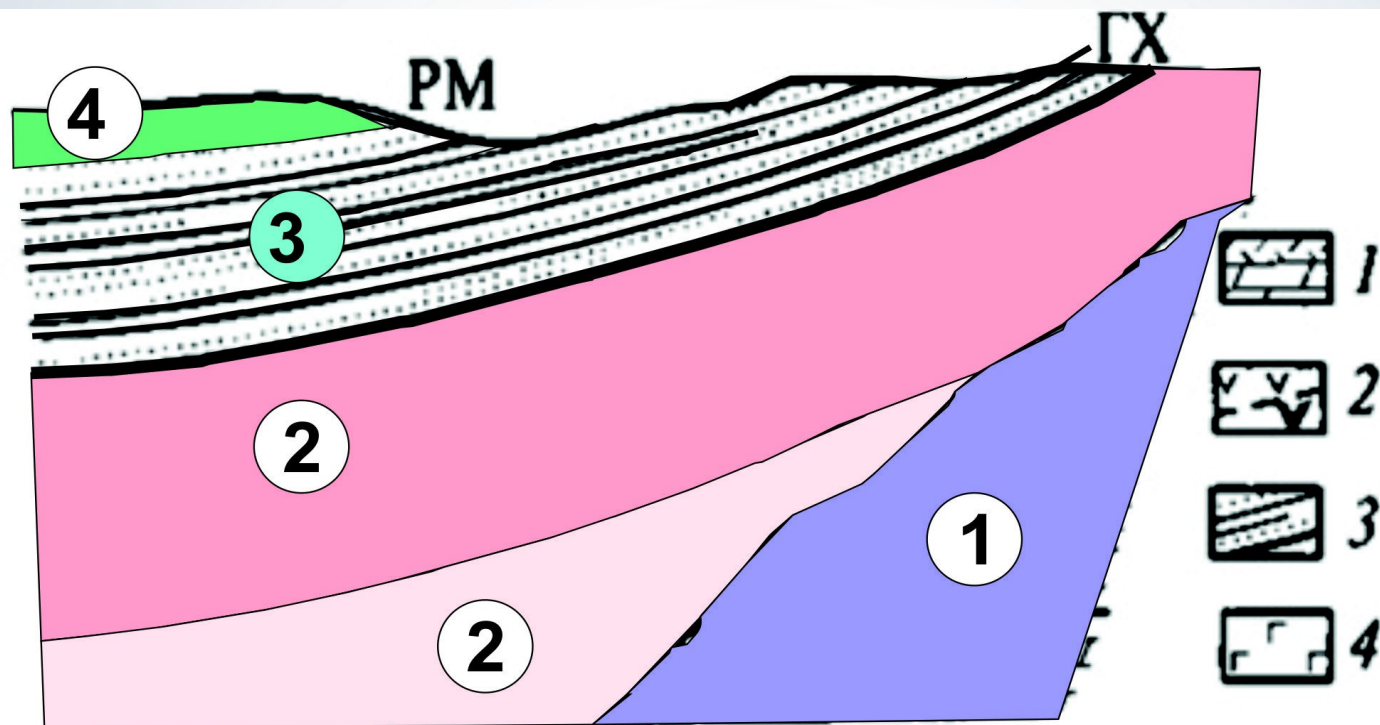


Схема залегания хромитовых горизонтов в Критической зоне Бушвельдского лополита (составлено по Ю. Камерону):
 1 — вмещающие породы преторианской серии; 2 — базальная зона пироксенитов, перидотитов, норитов; 3 — критическая зона норитов и пироксенитов с хромитовыми горизонтами; 4 — главная зона габбро, норита и анортозита; ГХ — главный хромитовый горизонт; РМ — риф Меренского

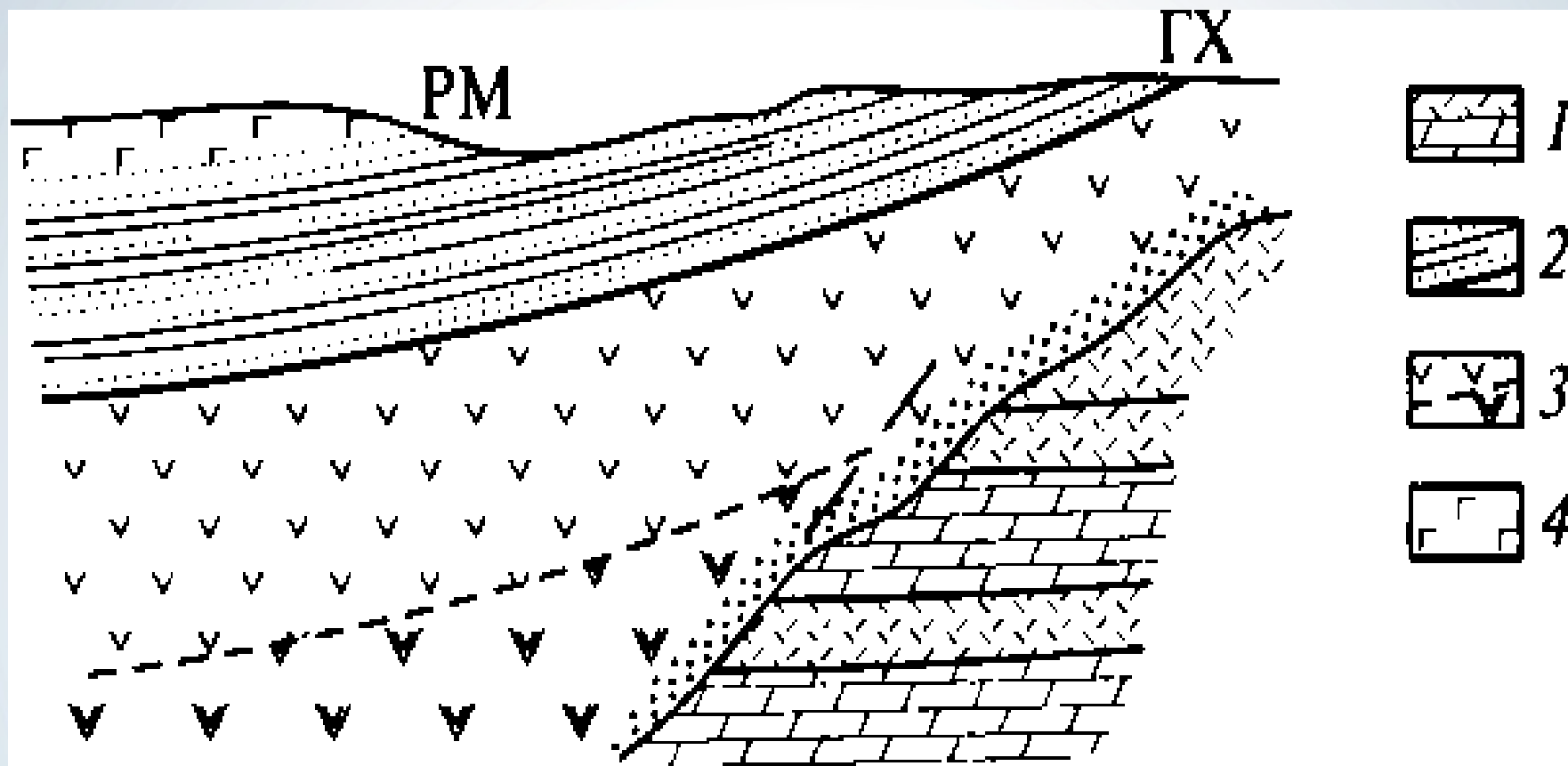


Схема залегания хромитовых горизонтов в Критической зоне Бушвельдского лополита (составлено по Ю. Камерону):

1 — вмещающие породы преторианской серии; 2 — базальная зона пироксенитов, перидотитов, норитов; 3 — критическая зона норитов и пироксенитов с хромитовыми горизонтами; 4 — главная зона габбро, норита и анортозита; ГХ — главный хромитовый горизонт; РМ — риф Меренского

В анортозитах Главной зоны встречены месторождения титаномагнетитов.

В верхней части массива известны граниты, к которым тяготеют гидротермальные месторождения олова и флюорита.

Месторождения хромитов приурочены к двум рудоносным горизонтам протяженностью 110—160 км. В пределах рудных горизонтов до глубины 120 м выявлено 25 хромитовых пластов, которые объединяют в три группы: верхнюю (до глубины 30 м), среднюю (30—75 м) и нижнюю (до глубины 120 м).

Запасы хромита оцениваются в 2 млрд. т при среднем содержании оксида хрома 45%.

Великая Дайка пересекает центральную часть Зимбабве с юга на север по азимуту 17° и имеет почти вертикальное падение.

Протяженность ее 560 км, ширина 3—13 км. Дайка сложена (от подошвы к кровле) серпентинизированными дунитами, гарцбургитами, пироксенитами, габбро, норитами.

Пластообразные залежи хромитов располагаются в нижней части интрузива среди дунитов и гарцбургитов. На месторождении насчитывается до 11 рудных прослоев мощностью 16—72 см.

Они прослеживаются на протяжении нескольких километров. Руды высокого качества (48—50 % Cr_2O_3), но со значительным содержанием Fe_2O_3 (до 11 %).

2. Позднемагматические месторождения

Залегают среди серпентинизированных дунитов и перидотитов и приурочены *к геосинклинальным областям (складчатым)*.

Рудные тела имеют форму линз, столбов и жиллообразную. Они сложены крупнозернистыми, массивными и густовкрапленными хромитами.

Мощность рудных тел до 250 м, протяженность — до 1500 м, ширина до 330 м.

Руды высокохромистые металлургических, химических и огнеупорных типов.

Позднемагматические месторождения широко распространены в СНГ на:

Урале, Казахстане, Кавказе, в Сибири, на Чукотке, Камчатке, Сахалине,
В дальнем зарубежье — в Албании, Греции, СФРЮ, Турции, Иране, Пакистане, Индии, Филиппинах, Мадагаскаре и на Кубе.

В настоящее время в пределах СНГ разрабатываются *Донская группа* хромитовых месторождений, находящаяся в юго-восточной части *Кемпирсайского* массива в Казахстане, и *Сарановское* месторождение на западном склоне Среднего Урала.

В гипербазитовых поясах Казахстана известно более 300 месторождений, проявлений и точек хромитовой минерализации.

Большая часть из них расположена в Мугалжарском регионе и западном борту Торгайского прогиба.

Ряд проявлений хромитов сосредоточены в массивах Чарского пояса и Западной Калбе.

Проявления хромитов выявлены в Шу - Балхашском и Шолкызыл - Тулькуламском поясах.

Крупные промышленные месторождения выявлены только в Мугалжарском регионе, в пределах юго-восточной части Кемпирсайского гипербазитового массива.

Кемпирсайский массив

ультраосновных пород расположен в пределах Уралтауского мегантиклинория. Он вытянут в субмеридиональном направлении на 82 км согласно с контролирующей его зоной разлома.

Ширина массива изменяется от первых километров в северной части до 32 км в южной.

На поверхности массива отмечено три сводовых поднятия.

По геологическим и геофизическим данным массив в южной части имеет форму лакколита, залегающего между породами верхнего протерозоя и нижнего палеозоя.

Массив сложен перидотитами (гарцбургитами) и дунитами, в различной степени серпентинизированными.

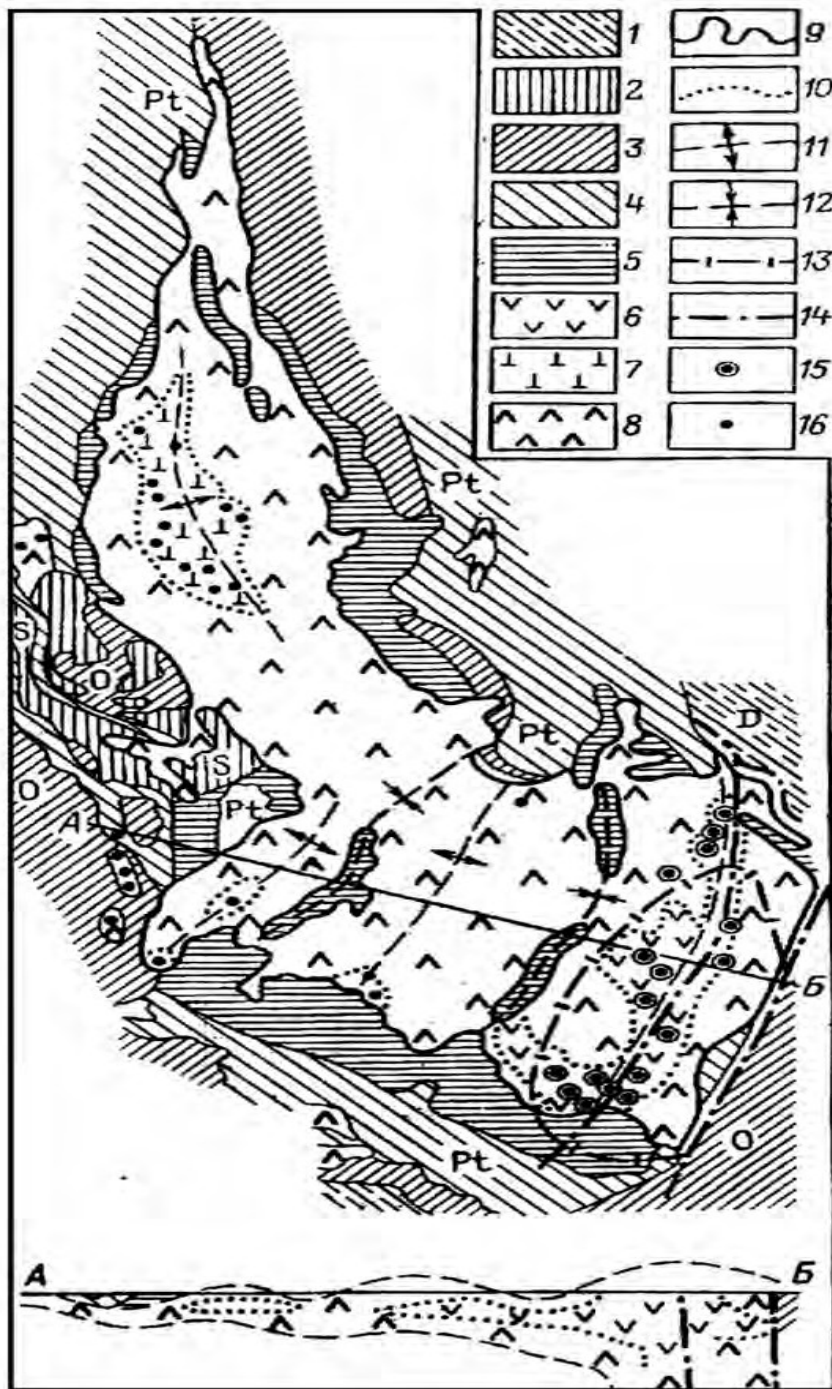


Схема геологического строения хромитоносного Кемпирсайского массива по Н.Павлову и И.Григорьевой:

1-4 – вмещающие кремнистые и карбонатные породы: 1 – девонские, 2 - силурийские, 3 - ордовикские, 4 - протерозойские;

5 – габбро-амфиболиты;

6-8 - серпентинизированные образования:

6 -перидотиты и дуниты, 7 - дунит-перидотитовый шилрово-полосчатый комплекс, 8 -перидотиты;

9, 10 - контуры ультраосновных пород:

9 -массива, 10 -комплексов;

11 , 12 - оси: 11 - сводовых поднятий,

12 - межсводовых опусканий;

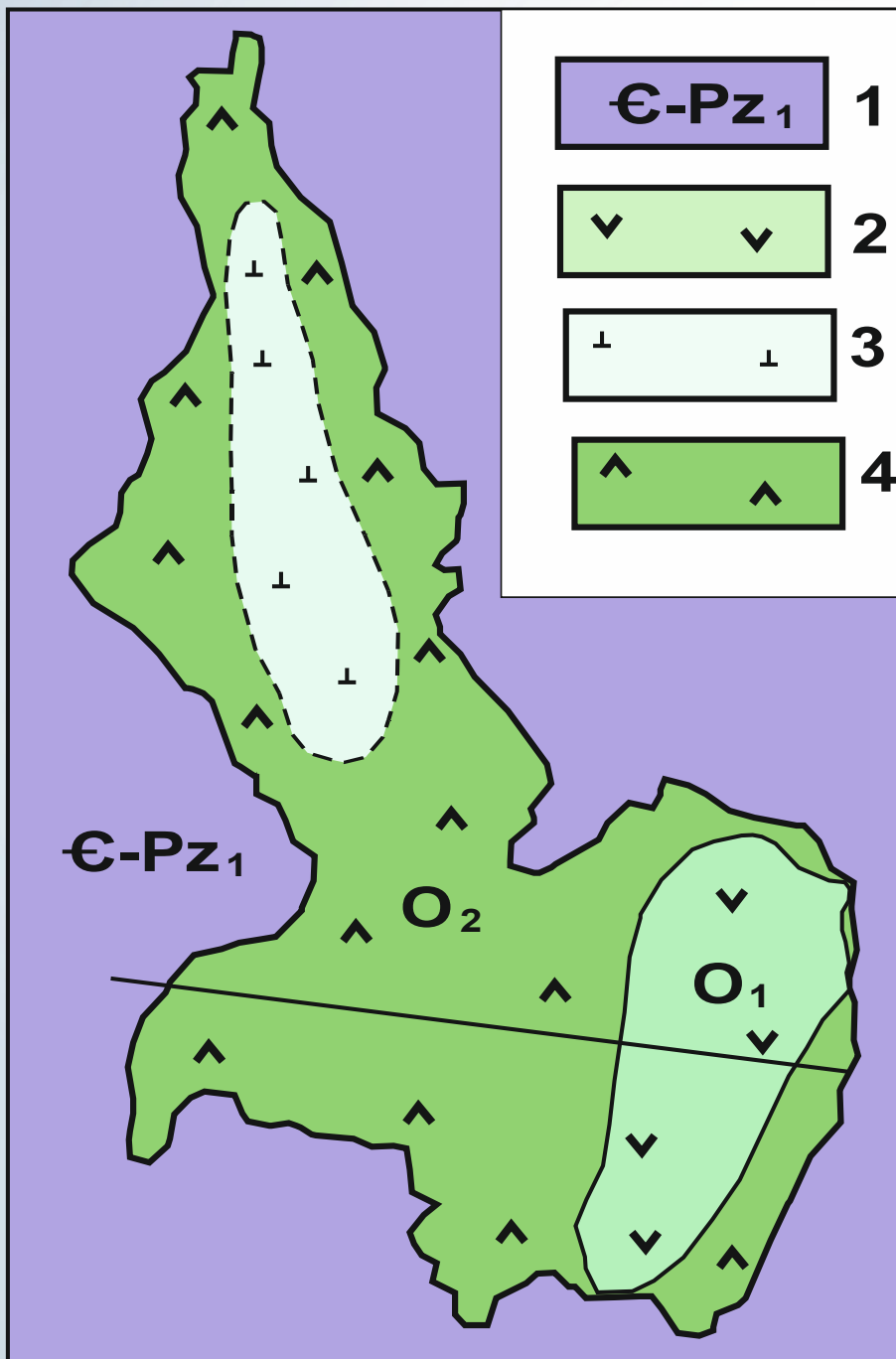
13 - контур проекции рудоподводящего канала;

14 - тектонические нарушения;

15 , 16 - месторождения руд:

15 - высокохромистых,

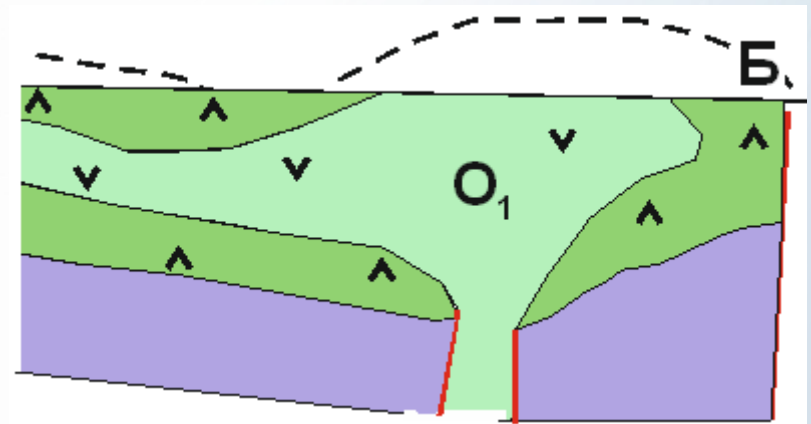
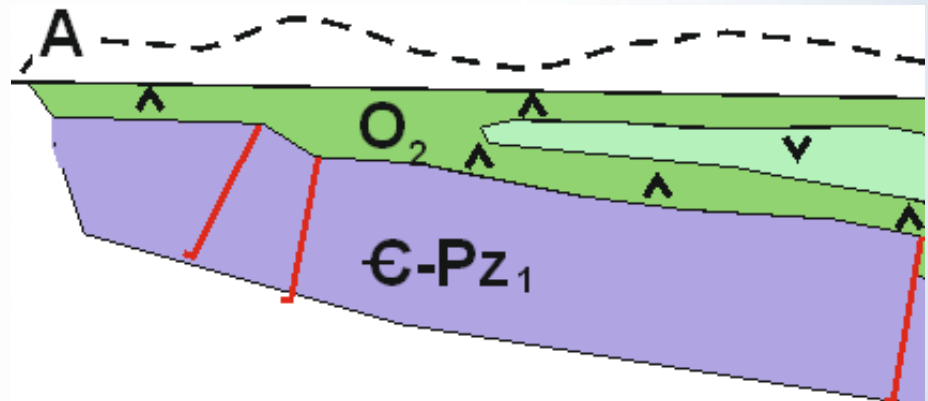
16 - низкохромистых.



Кемпірсай хромитті массивінің
 құрылымдық- петрографиялық сызбасы
 (Ш.Павлов пен Г.Л.Соколов бойынша).

Сыйыстырушы палеозой түзілімдері:

- 1- сыйыстырушы тау жыныстар комплексі
- 2- серпентинденген дунит пен перидотит;
- 3 - серпентинденген комплекс;
- 4 - серпентинденген перидотит;



В пределах массива известно **более 160 хромитовых** месторождений и рудопроявлений, размещающихся в четырех рудных полях:

- Западно-Кемпирсайском,
- Степном (Юго-Западном),
- Тыгашайском (Центральном) и
- Главном (Южно-Кемпирийском).

Все промышленные хромитовые месторождения (Алмаз- Жемчужина, им. XL лет Казахстана, Молодежное, Миллионное, им. XX лет КазССР, Комсомольское, Спорное, Гигант, Геофизические и др.) **локализуются в Южно-Кемпирсайском рудном поле.**

Вмещающими породами являются серпентинизированные дуниты.

В непосредственной близости от рудных тел в дунитах наблюдаются шлиры вкрапленных хромитовых руд (0,5—1 м в поперечнике), тонкие (1—10 см) жилки и прожилки массивных хромитов, а также сульфидсодержащие (пирротин, пентландит) дуниты.

Контакты хромитов с вмещающими ультраосновными породами обычно резкие, нормальные, реже тектонические.

Выклинивание рудных тел по падению и восстанию тупое, очень редко наблюдается их расщепление.

Размеры отдельных рудных тел варьируют от нескольких десятков метров до 1,5 км по простиранию, при мощности от нескольких метров до 150 м.

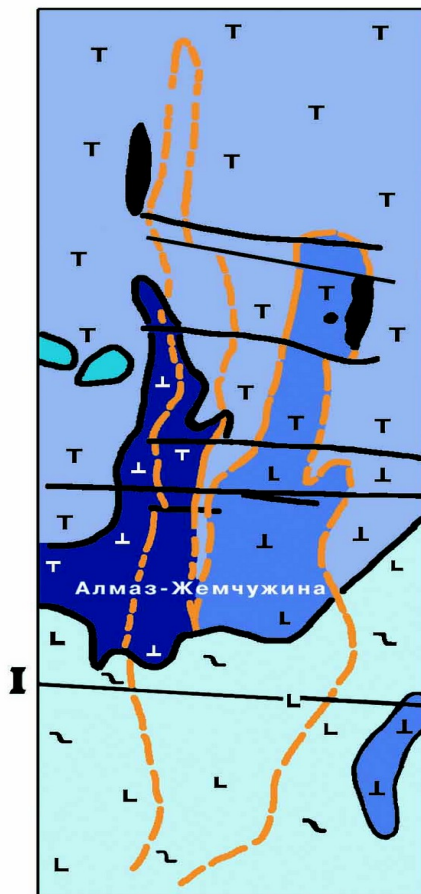
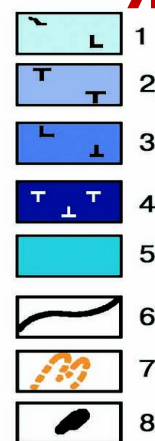
Количество рудных тел, составляющих месторождения, различно.

Месторождение Молодежное, например, представлено одним крупным телом, на Алмаз-Жемчужине их 5, им. XL лет КазССР—15, Миллионном — 99.

На всех месторождениях рудные тела разбиты преимущественно субширотными сбросо-сдвигами на отдельные блоки, иногда перемещенные на расстояния от нескольких десятков метров до 300 м.

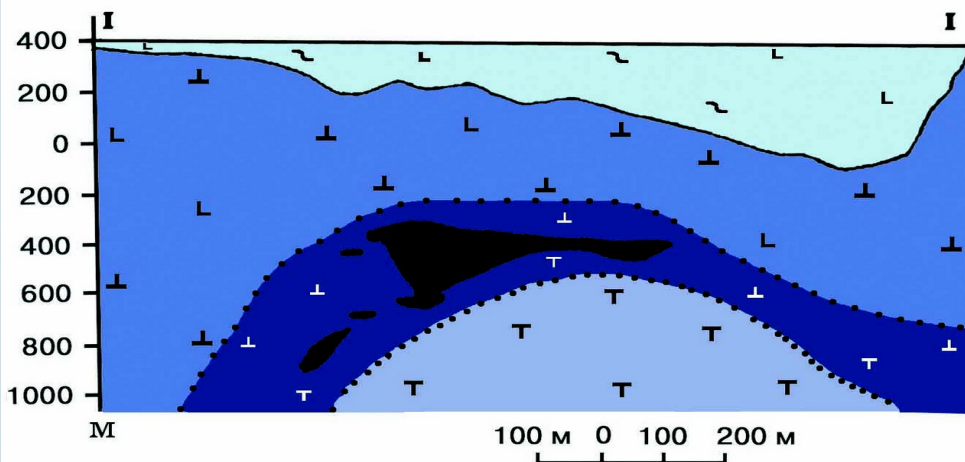
Месторождение Жемчужина

Алмаз-



- 1 - габбро-амфиболит;
- 2 - аподунитовый серпентинит;
- 3 - апоперидотитовый серпентинит;
- 4 - серпентинит полосчатого комплекса;
- 5 - пироксенит;
- 6 - разрывные нарушения;
- 7 - проекции рудных тел на поверхность;
- 8 - хромиты

В пределах
месторождения выделено
три промыш-ленных
участка:
Северный, Центральный и
Южный, разделенных
тектоническими
нарушениями.



Северный участок месторождения представлен **одним крупным рудным телом**, выходящим на поверхность.

Размеры рудного тела по простиранию 480 м, по падению 40-120 м, средняя мощность 70 м. Глубина залегания кровли рудного тела от 0,5 до 80 м.

Центральный участок представлен **13 рудными телами** с размерами по простиранию от 90 до 1500 м, по падению в среднем 410 м, мощностью от 0,6 м до 193,9 м.

Глубина залегания кровли рудных тел изменяется от 207 м до 1050 м.

На Южном участке месторождения находится 52 рудных тела, из которых только 7 тел являются промышленными. Размеры рудных тел по простиранию 220-1590 м, по падению от 120 до 690 м при средней мощности 61 м.

Глубины залегания рудных тел от 561 до 1369 м.

Рудные тела имеют **линзовидную форму** с раздувами и пережимами.

Руды мелко- и крупнозернистые, сплошные и густовкрапленные.

Рудные минералы представлены магнохромитом, хромпикотитом и алюмохромитом.

Второстепенные минералы – магнетит, халькопирит и пентландит.

Запасы хромитовых руд месторождения составляют **187,58 млн.т** при среднем содержании оксида хрома 51,1 %.

Месторождение Миллионное

Месторождение приурочено к **аподунитовым серпентинитам** Главного рудного поля.

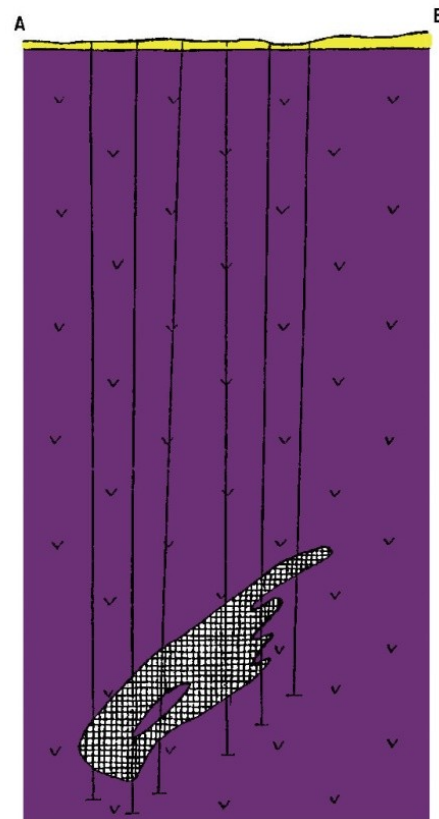
На месторождении выделено 99 крупных и мелких хромитовых тел, из них 14 с балансовыми запасами.

Рудные тела объединены в **единую рудную зону**, вытянутую в меридиональном направлении на 3500 м при максимальной ширине 260 м.

В северной части месторождения рудные тела имеют выход на дневную поверхность, погружаясь на юг до глубины 1370 м.

Месторождение Миллионное.

- 1 – палеогеновые отложения,
- 2 – аподунитовый серпентинит,
- 3 – пироксенит,
- 4 – габбро-диабаз,
- 5 – хромит,
- 6 – проекция рудного тела на поверхность,
- 7 – тектонические нарушения



На месторождении до глубины 20 м развита кора выветривания, имеющая зональное строение.

Выделены две зоны (сверху-вниз):

- зона обохренных нонтронитизированных серпентинитов мощностью до 15 м и
- карбонатизированных серпентинитов с гнездами и линзами магнезита мощностью 5-10 м.

В коре выветривания хромовые руды, как и вмещающие их породы, подвержены выветриванию и имеют рыхлую консистенцию.

По глубине залегания рудные тела разделены на две группы - Северную и Южную.

Рудные тела Северной группы к настоящему времени отработаны карьером Миллионным.

Месторождение Геофизическое 1

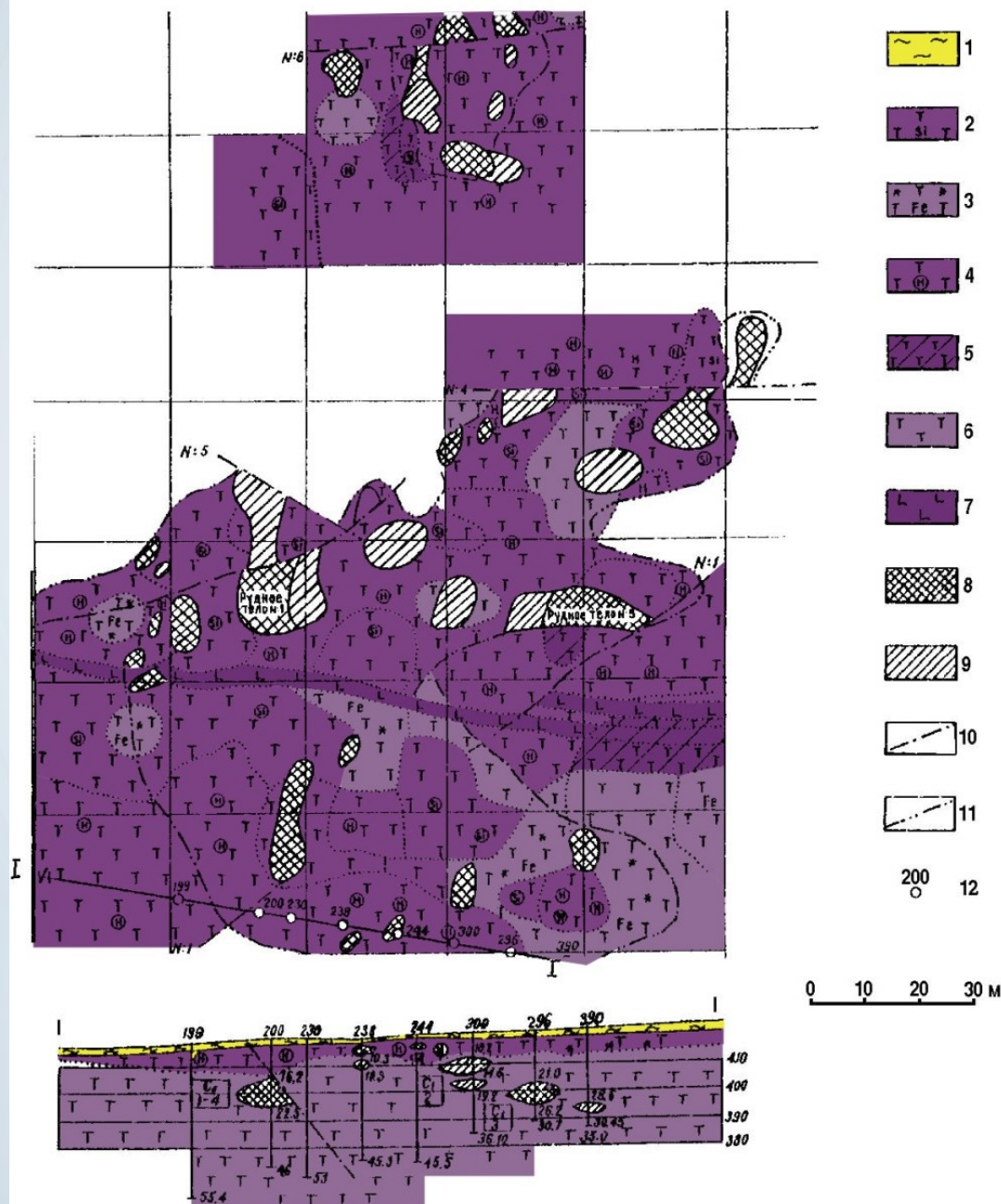
Хромитовое оруденение приурочено к аподунитовым серпентинитам Юго-Восточного сводового поднятия в пределах Главного рудного поля.

Месторождение состоит из 50 рудных тел линзовидной формы, простирающихся на расстояние 225 м при максимальной ширине в плане до 175 м.

Залегают они горизонтально. Протяженность отдельных тел изменяется от 22 до 160 м при мощности 1,5-28 м.

Глубина залегания кровли рудных тел незначительная и варьирует в пределах 7-38 м.

Месторождение Геофизическое I.



С поверхности до глубины 7-10 м на месторождении развита кора выветривания вмещающих оруденение пород, представленная нонтронитизированными серпентинитами и железисто-кремнистыми образованиями.

В элювиальном покрове выделяются три разновидности хромитовых руд:

- рыхлые и порошковатые с выщелоченной основной массой;
- окремненные, цементом в которых служит халцедон

и охристые руды, в которых серпентинит замещен гидроокислами железа.
Руды в основном вкрапленные, плотные массивные разновидности составляют не более 10 % общих запасов. Магнохромит присутствует в рудах в виде вкрапленности мелких округлых зерен и их агрегатов

САРАНОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

Расположено на Урале (Россия).

Оно приурочено к Сарановскому хромитоносному габбро-перидотитовому массиву меридионального простирания, имеющему протяженность до 2 км при ширине до 200 м.

Массив залегает среди позднепротерозойских кварц-слюдяных сланцев.

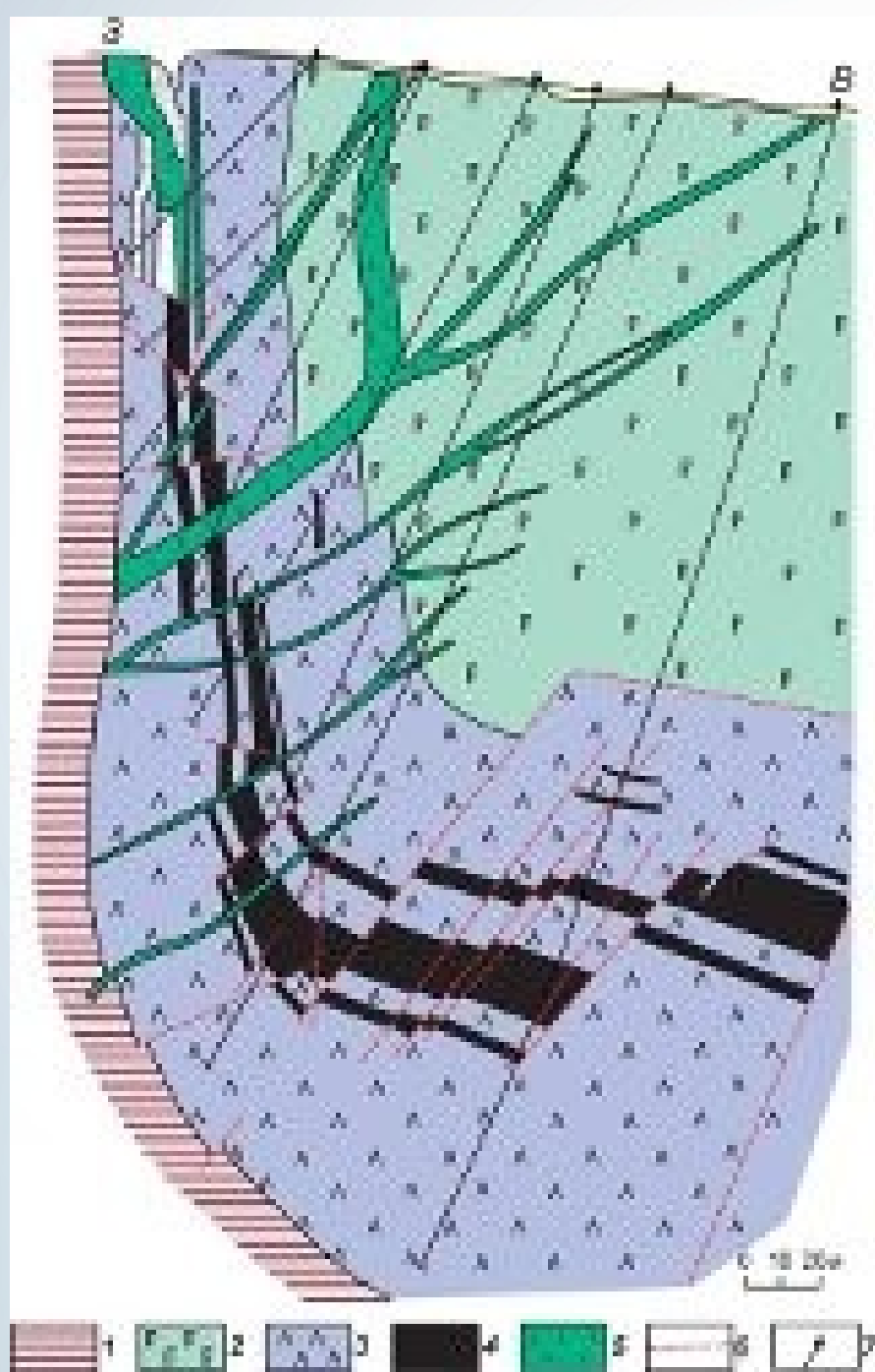
По форме он представляет собой моноклиналиное согласное тело, круто падающее на восток. На глубинах 300—400 м, по данным бурения, массив постепенно переходит в пологое тело с углами падения 40—30 °.

Собственно рудоносная зона шириной 40—45 м состоит из трех параллельных жиллообразных рудных залежей — Западной, Центральной и Восточной (рис. ...), расположенных в осевой части массива.

Западная залежь имеет протяженность 910 м при средней мощности 5 м;

Центральная — 1200 м при мощности 10 м;
Восточная — 1100 м при мощности 3 м.

Последующими тектоническими нарушениями рудные залежи разбиты на блоки с амплитудой перемещения до нескольких десятков метров. Рудные тела и вмещающие ультраосновные породы пересечены дайками габбродиабазов и диабаз-порфириров.



Сарановское месторождение
(Средний Урал) – крупнейшее
в России

1 – кристаллические сланцы,
2 – габбро, 3 – перидотиты,
4 – густовкрапленные и
массивные хромитовые руды,
5 – дайки долеритов.

Главное отличие руд
Сарановского месторождения -
развитие в виде выдержанных
пластов мощностью от 0,5- до
12м, протяжением до 2 км.

Пласты круто падают вниз и
без признаков выклинивания
прослежены до глубины 500-
800м.

Руды среднезернистые, размер зерен от долей миллиметра до 3 мм, имеют сидеронитовую структуру и полосчатую или массивную текстуру.

Ввиду интенсивных более поздних гидротермальных изменений в рудах нередко присутствуют флогопит, альбит, тальк, магнезит, кварц, кальцит, пирит, халькопирит, пирротин и спорадически апатит.

Руды содержат в % (масс.):

- Cr₂O₃ 44—47; MgO 12—13; Fe₂O₃—7;
- FeO 14—17; Al₂O₃ 18—19 и
- повышенные концентрации Ti и V.

Вследствие низкого содержания хрома и высокой железистости руды месторождения не пригодны для выплавки феррохрома и используются как огнеупорное и химическое сырье.

Россыпные месторождения

Имеют небольшое значение и представлены элювиальными и делювиальными *россыпями* и *остаточными* бедными рудами.

Элювиальные россыпи отмечаются на Кемпирсайских месторождениях,
делювиальные – на Сарановском и Великой Дайке.

Элювиально-делювиальные россыпи хромитов образуются при выветривании коренных магматических месторождений.

Подобные месторождения известны также на Кубе, Филиппинах, в Новой Каледонии и на месторождениях Великой Дайки в Зимбабве.

Прибрежно-морские россыпи установлены на Тихоокеанском побережье шт. Орегон в США и на берегу зал. Терпения на о. Сахалине в России, а также на побережье Адриатического моря в Албании и Средиземного моря в Турции.

ТИТАН

Месторождения **ТИТАНА**

Серовато-серебристый металл, вязкий, пластичный, устойчив против коррозии, термостоек (температура плавления 1668° , температура кипения – 3260°).

Сплавы с: Al, Cr, Mn и др имеют высокую прочность, жаропрочность, малую плотность.

применяются в космической технике, авиационной, судостроительной, энергомашиностроительной, химической, пищевой и медицинской промышленности,

Кларк титана в земной коре 0,45 %.

Четырехвалентен и встречается только в кислородных соединениях.

В зоне гипергенеза минералы титана устойчивы

Мировые запасы и база запасов (ресурсы) титановых руд по оценке Геологической службы США, (млн. тонн.):

Тип сырья и страна	Ильменит		Рутил	
	Запасы	База запасов	Запасы	База запасов
Всего	603-673	1200-1315	49,7-52,7	100,4-103,4
КНР**	200	350	н/д	н/д
Австралия*	130-200	160-250	19,0-22,0	31,0-34,0
ЮАР	63	220	8,3	24,0
Индия *	85	210	7,4	20,0
Норвегия	37	60	н/д	н/д
США	6	59	0,4	1,8
Канада	31	36	н/д	н/д
Мозамбик	16	21	0,48	0,57
Украина	5,9	13	2,5	2,5
Бразилия	12	12	3,5	3,5
Вьетнам*	5,2	7,5	0,4	1,8
Сьерра-Леоне	н/д	н/д	2,5	3,6

*Наиболее крупными эксплуатируемыми месторождениями являются **прибрежные россыпи**,

**Большинство месторождений в Китае относятся к магматическим рудам и являются источником титана и железа.

Главные рудные минералы титана

В настоящее время известно 214 минералов титана, в которых он является одним из главных компонентов.

К минералам титана, образующим месторождения, относятся: ильменит, рутил, анатаз, лейкоксен, сфен, лопарит и другие, но главное промышленное значение имеют первые четыре минерала.

Минералы	Химический состав (формула)	Содержание TiO_2 , %	Плотность, г/см ³
Ильменит	FeTiO_3	52,7	4,5-5,0
Рутил	TiO_2	100	4,2-4,4
Анатаз	TiO_2	100	3,8-3,9
Лейкоксен	$\text{TiO}_2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	55-97	3,0-4,2
Перовскит	CaTiO_3	58,76	3,97-4,04
Сфен	CaTiOSiO_4	40,8	3,3-3,9
Лопарит	$(\text{Ce}, \text{Ca}, \text{Na}) \cdot (\text{Ti}, \text{Nb},)$	38-44	4,75-4,89

Из 70 титаносодержащих минералов промышленные:
ильменит FeTiO_3 (31,6%) и рутил TiO_2 (60%)

Типы руд

В коренных м-ниях

TiO_2 более 10 %.

В россыпях:

ильменита не менее

10-20 кг/т,

рутила более 1,5 кг/т.

Вредные примеси: хром,
фосфор, сера.

коренные запасы:

уникальные - *десятки миллио-
нов тонн,*

крупные — *единицы миллионов т*

мелкие — *сотни тысяч тонн*

двуокиси титана.

россыпные:

порядок цифр уменьшается
вдвое.

Производство *ильменитового концентрата* сосредоточено в 10 странах, три из которых обеспечили около 70% мирового производства: это

Австралия (45%), Норвегия (13%) и Украина (12%).

Производство *рутилового концентрата* ведется в шести странах, около 90% его произведено в трёх из них: **Австралии (44%), ЮАР (30%) и Украине (15%).**

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.

промышленные типы месторождений:

- 1) магматические;
- 2) россыпные;
- 3) остаточные (коры выветривания);

Промышленное значение имеют
магматические (55 % запасов и 45% добычи),
россыпные (43% запасов и 55% добычи)

Цены на
ильменитовый концентрат около 50-70 \$/т,
рутиловый - 500 \$/т.

А) Магматические месторождения

по составу материнских пород делятся на два класса:

- 1) связанные с основными и ультраосновными массивами и
- 2) с комплексами щелочных пород.

Крупные месторождения титаномагнетитовых руд широко распространены в пределах Южно-Африканского, Канадского, Балтийского и Индостанского щитов.

Типичными являются месторождения, залегающие в поритах **Бушвельдского комплекса**.

Здесь пластообразные рудные тела мощностью 0,3-0,6 м прослеживаются по простиранию на многие километры. Они содержат 51-60 % Fe и 12-20 % Ti.

В России типичным титаномагнетитовым месторождением, связанным с габбро, является Кусинское, а приуроченное к пироксенитам среди габбро - Качканарское.

Кусинское месторождение (Южный Урал) залегает в дайкообразном **массиве основных пород**, внедрившихся по контакту карбонатных пород и гранитогнейсов.

Габброидный массив, вмещающий рудные тела, сильно дифференцирован.

Среди пород массива наиболее широко развиты полосчатые габбро, состоящие из лейкократовых и меланократовых полос;

подчиненное значение имеют горнблендиты и пироксениты, а также анортозиты и габбро-пегматиты.

Большинство рудных тел Кусинского месторождения имеет жилообразную форму.

Главные рудные жилы прослеживаются на 2-2,5 км.

Мощность их изменяется от 0,5 до 10 м (в среднем 3,5 м);

падение жил юго-восточное под углом 70-80°, местами вертикальное.

Руды сложены магнетитом (60-70 %) и ильменитом (20-30 %) с незначительной примесью борнита, халькопирита, хлорита, пироксенов, гематита, пирита и др.

Они содержат	50-57 % Fe,
	10-20 % TiO_2 ,
	1-2 % Cr_2O_3 ,
	0,12 % S,

Кусинское месторождение



1 — сплошной титаномagnetит; 2 — карбонатные породы
 3 — гранито-гнейсы; 4 — габбро-амфиболиты; 5 — тектонические нарушения; 6 — направление структурных элементов (полосчатости и план-параллель текстуры)

Древние прибрежно-морские россыпи представлены слабо сцементированными или уплотненными рудными песками мезо-кайнозойского возраста.

Типичным представителем являются **Средне-Днепровские месторождения циркон-рутил-ильменитовых песков Украины.**

Они образовались за счет размыва мощной мезозойской **коры выветривания метаморфических пород Украинского кристаллического щита**, последующей сортировки и переотложения продуктов выветривания на бортах Днепровско-Донецкой и Причерноморской впадин в третичный период.

Континентальные россыпи распространены преимущественно в аллювии, элювии и пролювии четвертичных, палеогеновых и нижнемеловых отложений.

Рудные тела аллювиальных россыпей, как правило, имеют форму лентовидных залежей, приуроченных к долинам рек. По минеральному составу континентальные россыпи обычно полимиктовые (ильменит, кварц, полевой шпат, каолинит и др.).

Размеры зерен ильменита 0,1-0,25 мм и более. Окатанность их слабая. Содержание ильменита в промышленных континентальных россыпях варьирует от 20-30 до 200-500 кг/м³.

Месторождения выветривания возникают в условиях жаркого и влажного климата при выветривании габбро-анортозитовых и метаморфических пород, содержащих повышенные концентрации ильменита и рутила. При этом зерна рудных минералов сохраняют первичную форму кристаллов (они не окатаны). Мощность кор выветривания достигает нескольких десятков метров.

Типичным примером может служить Стремизгородское месторождение, образовавшееся при выветривании габбро-анортозитового массива на Волыни ***(Украина)***. Кора выветривания здесь обогащена только ильменитом, содержание которого достигает 300-500 кг/м³.

На ***Кундыбаевском месторождении в Казахстане***, образовавшемся в процессе выветривания метаморфических пород, в коре выветривания содержится до 180 кг/м³ ильменита и до 75 кг/м³ рутила.

Б) Россыпные месторождения.

Среди них различают два класса:

- прибрежно-морские и
- континентальные.

Главное значение имеют *прибрежно-морские* ильменит-рутил-цирконовые россыпи.

Из современных прибрежно-морских россыпей

рутил и ильменит добывают в Австралии, Индии, Шри-Ланка, Сьерра-Леоне, Бразилии и США.

Наиболее интересны в промышленном отношении ***пляжевые россыпи Австралии*** в центральной части восточного побережья, где они с перерывами прослеживаются ***более чем на 75 км.*** Ширина их достигает 800 м, мощность продуктивного пласта - 1,8 м. Содержание рутила 18-20 кг/м³, ильменита 15-16 кг/м³.

**Казахстан обладает
крупными запасами
титановых руд.**

**Основу составляют
ильменит-цирконовые
россыпи.**

Всего выявлено более 300
проявлений из них в разряд
месторождений отнесено 25.

Ученные запасы 50 млн т.:

в Западном Примугалжарье:

Шокаш, Сабындыколь, Ащисай и др.,

в Северном Приаралье: *Прогнозное, Устюртское;*

на севере *Обуховское и др. и*

востоке Казахстана *Караоткель, Бектемир.*

Размещение основных месторождений титана РК и схема потоков продукции

Размещение основных месторождений титана
Республики Казахстан
и схема потоков продукции

100 км 0 100 200 300 км



Большинство известных месторождений сосредоточено в Западном, Северном и Восточном Казахстане.

Они образуют три титаноносные провинции и пять областей,

Промышленное значение в Казахстане имеют **прибрежно-морские аллювиально-лимнические россыпи**. Они образовались в прибрежной полосе морей и в аллювиально-озерных условиях в результате денудации магматических, метаморфических и осадочных породах.

По составу россыпи являются комплексными и содержат рутил, ильменит, лейкоксен, циркон, бадделеит и служат источником для получения титана, циркония, гафния и редких земель.

Месторождение Обуховское

расположено в 40 км к северу от города Кокшетау.

Обуховское месторождение титан-циркониевых россыпей приурочено к гравийно-песчано-глинистым отложениям чеганской свиты палеогена, образованным в прибрежно-морских, частично лагунных условиях.

В отложениях чеганской свиты на месторождении выделяют 3 пачки, к которым приурочены рудные горизонты.

Они расположены один под другим и выделяются по условиям залегания и содержанию полезных минералов.

Основная концентрация титановых и циркониевых минералов во всех рудных горизонтах отмечается в мелко- и тонкозернистых песках на границе с ложным плотиком.

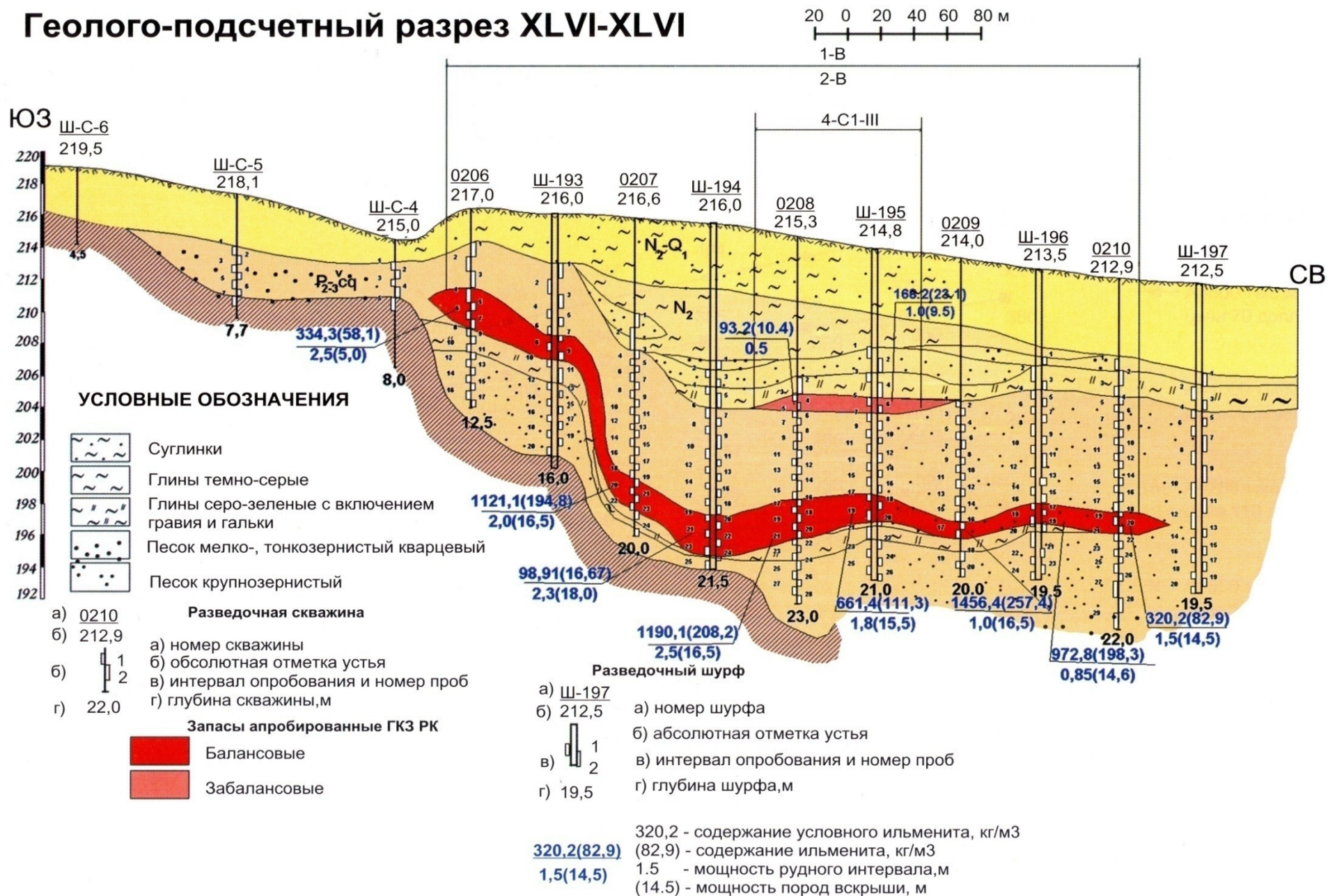
Рудные пески образуют пластообразные залежи, вытянутые в широтном направлении.

Между залежами по простиранию наблюдаются перерывы, что связано с уменьшением содержания полезных минералов и размывом рудных горизонтов.

Главными рудными минералами титан-циркониевых россыпей являются ильменит, рутил, лейкоксен, циркон.

Обуховское месторождение

Геолого-подсчетный разрез XLVI-XLVI



Месторождение Шокаш (Шокашское)

расположено в 100 км к западу от г. Актобе.

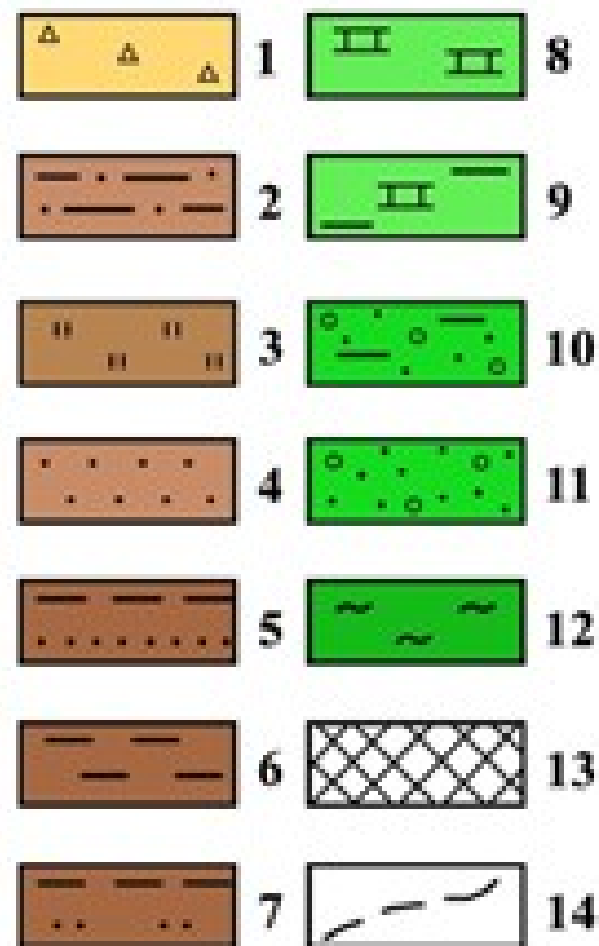
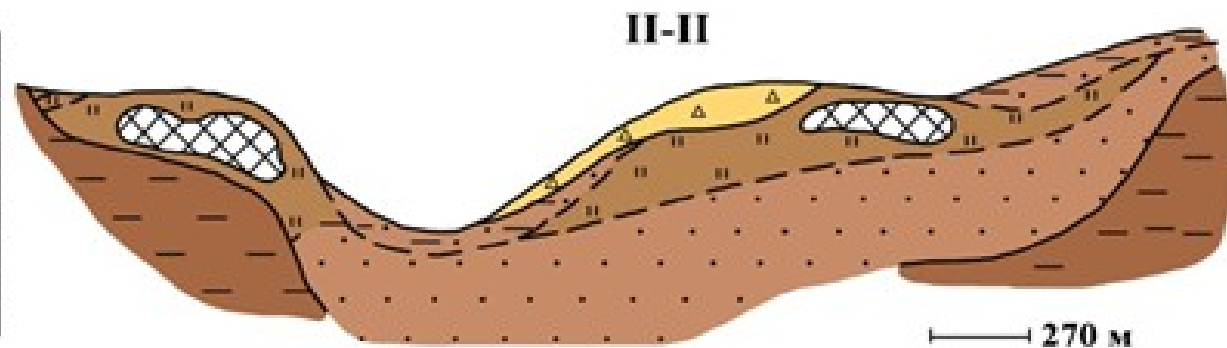
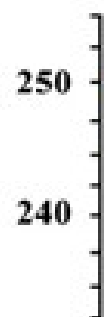
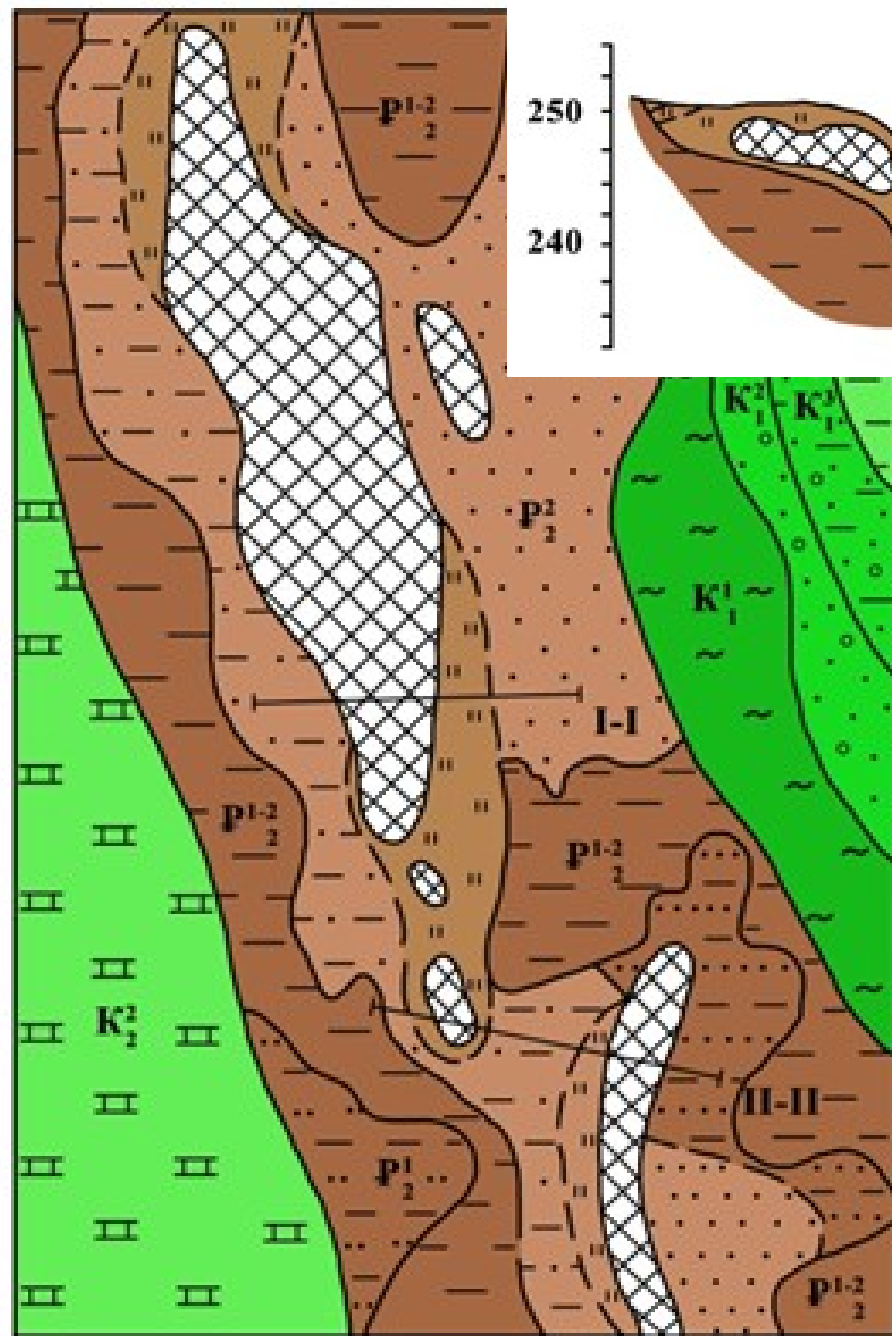
Россыпь приурочена к мульде проседания в Шайдинском грабене, выполненной *нижнемеловыми-верхнеэоценовыми отложениями* надсолевого комплекса (рис. 4).

Меловые отложения, разрез которых начинается с апта, представлены (снизу вверх):

- черными глинами с редкими прослоями песков; олигомиктовыми кварцевыми песками, песчаниками и гравийниками;

- песчаниками, гравийниками и песчанистыми глинами нижнего мела;
- переслаиванием глин, известняков и мергелей верхнего мела.

На отложениях мела несогласно залегают черные глины фации застойных бассейнов (лагун) шолаксайской свиты *нижнего-среднего эоцена* и глины с редкими прослоями песков, относимые к *низам эоцена*.



50 km

МЕСТОРОЖДЕНИЕ ШОКАШ. По И.П. Поезжаеву, М.Ш. Гусманову.

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 эоцена**;

7. **Глины** с редкими прослоями песков **нижнего эоцена**;

8-9. Отложения **верхнего мела**:

8 - **известняки** и мергели,

9 - переслаивание глин, известняков и мергелей;

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.

Образования булдурутинской свиты общей мощностью до 50 м в основании представлены серыми до черных тонко-мелкозернистыми песками.

К ним приурочен нижний рудный горизонт мощностью 1,0-5,5 м, распространенный на всей площади месторождения.

Главный рудный минерал - ильменит, второстепенные - лейкоксен, рутил, анатаз, циркон.

Содержание ильменита в нем составляет 5-15 кг/м³, циркона - 1-3 кг/м³

Месторождение Устюртское

- Расположено в Актюбинской области. Россыпь приурочена к гельветскому ярусу *среднего миоцена*, залегающему на размытых отложениях аральской свиты нижнего миоцена и жаксыклычской свиты верхнего олигоцена (рис.11).
- В основании рудовмещающего горизонта развит базальный слой грубозернистых песков и кварцевых конгломератов мощностью до 0,5 м.

- Выше они сменяются *продуктивной толщей* кварцевых (71-98% кварца) слабослюдистых светлых песков, макроскопически не отличимых от безрудных разностей).

Пески мелко- и тонкозернистые с маломощными линзами средне- и крупнозернистых разностей и гравия, линзовидными прослоями известняковых песчаников. *Мощность титаноносного горизонта в среднем 7-9 м* (максимально до 20 м).

МЕСТОРОЖДЕНИЕ УСТЮРТСКОЕ.

По Б.З. Урецкому и В.П. Мирошнику.

1 - Известняки, мергели, глины и конгломераты понтического яруса нижнего плиоцена;

2 - Известняки, мергели и глины среднего подъяруса сарматского яруса верхнего миоцена; 3 - Мергели, известняки, глины, гипсы и конгломераты нижнего подъяруса сарматского яруса верхнего миоцена;

4 - Глины, известняки, мергели, гипсы, пески, песчаники, галечники тортонского яруса среднего миоцена;

5 - Продуктивные пески, песчаники, песчанистые глины и конгломераты гельветского яруса среднего миоцена;

6 - Алевриты, глины, лигниты, пески, мергели, песчаники и галечники нерасчлененного нижнего миоцена;

7 - Глины, алевриты, пески, галечники, лигниты верхнего олигоцена;

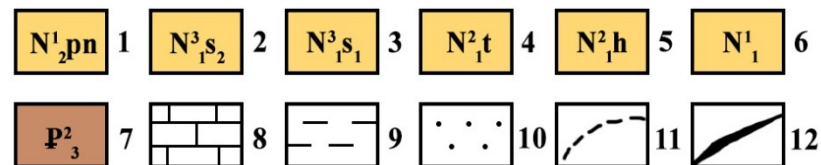
8 - Известняки, мергели;

9-11. Области развития различных фаций продуктивных отложений гельветского яруса:

9 - преимущественно глинистые фации прибойно-иловой и прибойно-застойной зон,

11 - границы фаций;

12 - Выходы титаноносных песков в чинках плато Устюрт.



Россыпи приурочены к фации волноприбойных песков с очень высокой степенью сортировки - 95% зерен имеют размер 0,15-0,043 мм. Тяжелые минералы распределены равномерно или образуют тонкие прослои мощностью 0,1-0,3 м. Полезные компоненты составляют 40-80% тяжелой фракции. Циркон повсеместно преобладает над рутилом и лейкоксеном. В песках также присутствуют турмалин, дистен, эпидот, ставролит, глауконит и магнетит (3-14%).

Рудное тело мощностью 0,5-4 м (в среднем 1,6 м) располагается в 0,1-0,2 м выше базального слоя и прослежено более чем на 40 км, уходя на юге за пределы республики. Бурением оно изучено на ограниченной площади (7х1,3 км), хотя меридионально вытянутая полоса рудоносных песков прослеживается более чем на 50 км при ширине до 20 км. Среднее содержание ильменита составляет 48,6 кг/м³, рутила - 2,3 кг/м³, лейкоксена - 0,8 кг/м³, циркона - 14,7 кг/м³.

ВАНАДІЙ

Месторождения ванадия

Ванадий - твердый металл серо-стального цвета, устойчив к действию воды и многих кислот.

Сырьем для производства ванадиевой продукции являются:

- титано-магнетитовые руды,
- концентраты и шлаки,
- нефтекокс, битуминозные породы.

Месторождения ванадиевых руд, где основной минерал ванадия - ванадинит (сод. V_2O_5 - 19,3%), **в природе встречаются редко и существенную роль в добыче ванадия не играют.** Известны месторождения в Африке, Австралии (Брокен-Хилл), Мексике (Ламентос), в Казахстане (Сулеймансай, Каратау).

Около 90% производимого ванадия потребляется в черной металлургии, где используются его раскисляющие, карбидообразующие и легирующие свойства.

В специальных сортах сталей ванадий способствует образованию тонкой и равномерной структуры, **повышает вязкость, пределы упругости** и точности при растяжении и изгибе, расширяет интервал закалочных температур.

Ванадий является важной добавкой в инструментальной (до 2%) и конструкционной (до 0,2%) сталях.

ГЕОХИМИЯ. Кларк ванадия в земной коре 0,009 %. Повышенные содержания ванадия (0,02 %) отмечаются в основных породах – *габбро и базальтах*.

Близость ионных радиусов V^{3+} и широко распространенных в магматических породах Fe^{3+} и Ti^{4+} приводит к тому, что ванадий в гипогенных процессах целиком находится в рассеянном состоянии и не образует собственных минералов.

Поэтому концентраторами его являются минералы, содержащие Fe и Ti, – *титаномагнетит, рутил, сфен, ильменит, пироксены, амфиболы*.

По-иному ведет себя ванадий в экзогенном процессе. Он легко переносится в растворах и адсорбируется различными природными продуктами.

В зоне гипергенеза растворы, обогащенные ванадием, легко вступают в химические соединения с рядом компонентов и образуют ванадаты — соли ортованадиевой кислоты H_3VO_4 .

МИНЕРАЛОГИЯ. В природных условиях известно около 70 минералов, содержащих ванадий. Больше половины из них ванадаты, остальные относятся к оксидам, сульфидам и силикатам.

Только некоторые из них образуют промышленные концентрации: *роскоэлит, карнотит, патронит, ванадинит, деклуазит.*

Роскоэлит $\text{KV}_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ (содержание V_2O_5 19–29 %).

Карнотит $\text{K}_2\text{U}_2[\text{VO}_4]_2\text{O}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (содержание V_2O_5 20 %)

Патронит VS_4 (содержание V_2O_5 29 %);

Ванадинит $\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$ (содержание V_2O_5 19 %)

Деклуазит $(\text{Zn}, \text{Cu}) \text{Pb}[\text{VO}_4]\text{OH}$

Производство ванадиевой продукции осуществляется в 20 странах мира, при этом развитые и развивающиеся страны производят ее более 75% (от мира),

из них в ЮАР - около 45%, США - более 10%, в Китае - 15%, в России (23%).

Производство ванадия как попутного продукта **в Казахстане** осуществляется на Усть-Каменогорском титано-магниевом комбинате из отходов магниевых производства и Павлодарском глиноземном заводе.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.

К промышленным месторождениям ванадия относятся:

- 1) магматические, 2) выветривания, 3) россыпные,
- 4) осадочные, 5) метаморфогенные.

Магматические месторождения.

В месторождениях этого типа сосредоточены основные запасы промышленных ванадийсодержащих руд.

Наиболее значительные магматические месторождения ванадия сосредоточены в России, ЮАР (Бушвельд), Канада, США, Австралия, Норвегия, Швеция.

Запасы ванадиевых руд в Казахстане значительные, но они пока не вовлечены в эксплуатацию.

Осадочные месторождения ванадия, связанные с ванадиеносными углисто-кремнистыми сланцами (черносланцевыми толщами), находятся в Южном Казахстане (хребет Каратау).

Наиболее крупными являются месторождения Баласаускандык, Курумсак, Жебаглы.

Значительное количество ванадия концентрируется в железорудных, бокситовых, угольно-урановых и фосфоритовых месторождениях, из которых можно попутно получать ванадий.

Кроме того, ванадиеносностью характеризуются высокосернистые нефтяные месторождения Мангистау.

Представляют определенный интерес продукты обогащения Усть-Каменогорского титано-магниевого и Павлодарского алюминиевого заводов.

Месторождение Баласаускандык.

Находится в Шиелийском районе Кызылординской области, в 90 км к северу от ж.д. станции Жанакорган.

Месторождение приурочено к Косшокинской брахиантиклинальной складке.

Складки вытянуты в северо-западном направлении с пологим северо-восточным ($50-75^\circ$) и крутым до опрокидывания ($80-90^\circ$) юго-западным падением крыльев.

Площадь месторождения сложена

- конгломератами и песчано-сланцевыми (с доломитами) отложениями **венда**,
- углеродисто-кремнистыми породами курумсакской свиты **нижнего-среднего кембрия** и
- серицит-хлорит-кварцевыми сланцами с песчаниками и **конгломератами ордовика**.

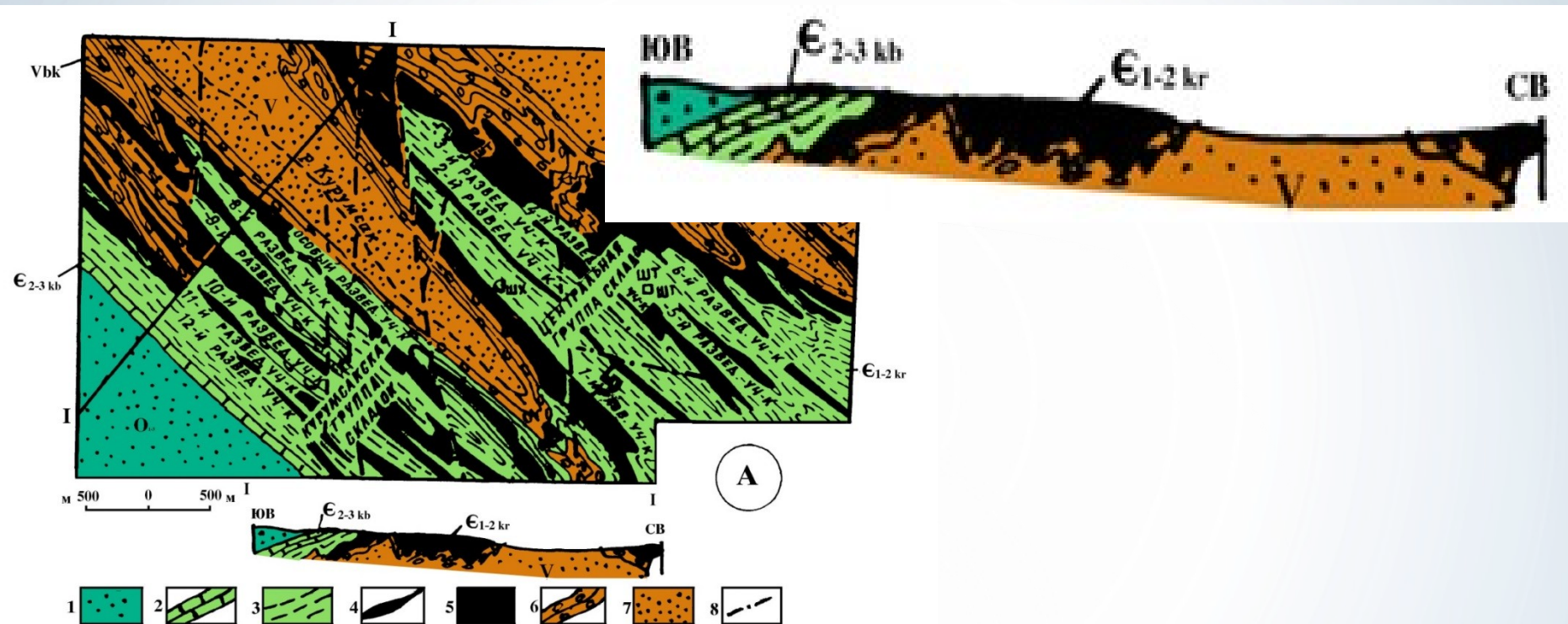


- 2-5 – Кембрий:** 2 – доломиты (кокбулакская свита Є₂₋₃);
 3 - курумсакская свита (Є₁₋₂): углисто-кремнистые сланцы **кровли** ванадиеносной пачки,
 4 - **ванадиеносная пачка** с лидитами, кремнистыми сланцами,
- 6-7 - Венд:** 6 - байкунурская кремнистая пачка с конгломератами, тиллитом;
 7 - известково-хлоритовые сланцы, известковистые песчаники, доломиты;

Месторождение Курумсак

Находится в Шиелийском районе Кызылординской области, в 86 км к северу от железнодорожной станции Жанакорган.

Курумсакское рудное поле ***является продолжением к юго-востоку Баласаускандыкского месторождения*** и по геологическому строению, структуре и типу оруденения аналогично последнему. С юго-запада на северо-восток на площади месторождения выделены 3 рудные зоны, пространственно совмещенные с тремя группами брахисинклинальных складок, разделенных двумя крупными антиклинальными поднятиями: Курумсакское, Центральное и Чимбайское.



Месторождение Курумсак.

А. 1 - Джебаглинская серия (O_{1-3}) - серицит-кварцевые, хлорит-серицитовые, магнетит-кварцевые сланцы, аркозовые и полимиктовые песчаники, конгломераты; 2-5 - Кембрий: 2 - кокбулакская свита ($€_{2-3} kb$) - доломиты, доломитизированные известняки; 3-5 - курумсакская свита ($€_{1-2} кк$): кварц-углисто-глинистые сланцы кровли ванадиеносной пачки, 4-5 - ванадиеносная пачка с лидитами, кремнистыми сланцами почвы ванадиеносной пачки; 6-7 - Венд: 6 - байконурская свита - грубообломочные породы - конгломераты, тиллиты, 7 - улутауская серия - известково-хлоритовые сланцы, известковистые песчаники, доломиты; 8 - разрывные нарушения.

Месторождение Джебаглы (Жабағлы)

Расположено в Тюлькубасском районе Южно-Казахстанской области, в межгорной долине рек Арысь и Терс.

Площадь месторождения сложена

- песчано-сланцевыми отложениями курайлинской и байконурской свит венда,
- кремнисто-сланцевыми породами курумсакской и сланцево-карбонатными образованиями кокбулакской свит нижнего-среднего кембрия.

В сводовой части антиклинали породы залегают горизонтально, а на крыльях под углом $50-80^{\circ}$ - с выполаживанием к северу до $10-40^{\circ}$.

Шкала	Колонка	Мощность м	Содержание, V ₂ O ₅ , %
C _к			0.30
P _к		2.4	0.93
P _с		1.62	0.96
P _б		0.60	0.87
P ₄		1.38	1.12
Ф _к		0.64	1.15
P _с		0.82	1.43
Ф _к		0.76	1.03
P _к		1.35	1.06
K _к			0.33

Месторождение Джебаглы. 1-5 - Венд:

1-4 - курайлинская свита: алевролиты, сланцы, известняки, песчаники

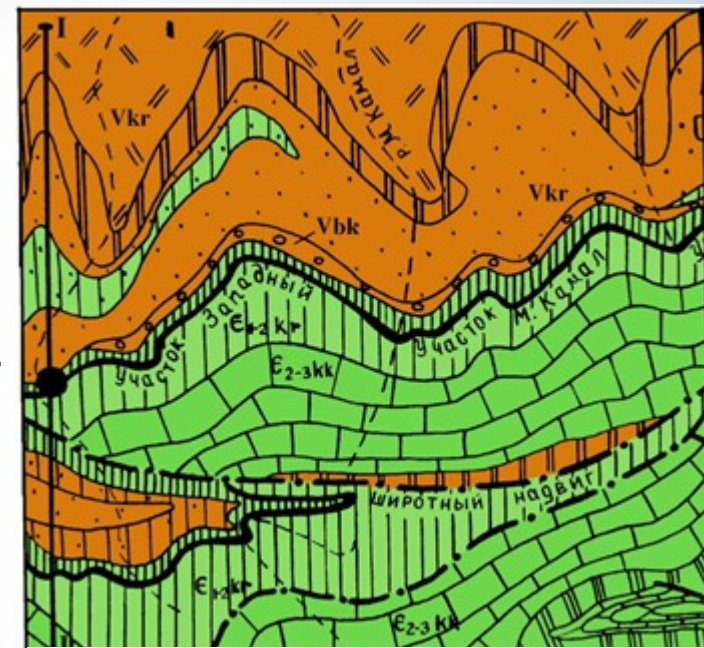
5 - байконурская свита: песчаники с линзами конгломератов;

6-10 - Кембрий:

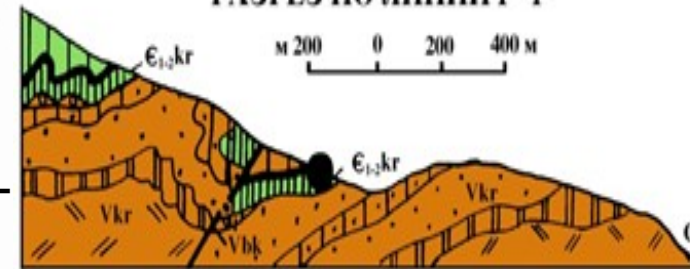
6-8 - курумсакская свита

(Є₁₋₂): глинисто-кремнистые сланцы, лидиты, халцедонолиты, 7 - ванадиеносный горизонт, 8 - углеродисто-кремнистые и кремнисто-глинистые породы кровли (Є₁₋₂)

9-10 - кокбулакская свита (Є₂₋₃): 9 — известняки голубоватые, 10 - известняки черные; 11 - тектонические нарушения; 12 - участок литогеохимического опробования.



РАЗРЕЗ ПО ЛИНИИ I - I'



Промышленные месторождения ванадия в Казахстане закономерно связаны с **нижнекембрийской углеродисто-кремнистой Курумсакской формацией**, развитой в Большом Каратау и вдоль западного борта Улытау.

На современной стадии изученности крупные, практически ценные скопления ванадия выявлены только в Большом Каратау (месторождения **Баласаускандык, Курумсак, Жабағлы**).

К особенностям рудоносных углеродисто-кремнистых отложений следует отнести обогащение молибденом, ураном, иттрием и рением. Закономерно присутствие фосфора. Перспективы выявления новых промышленных месторождений возможны только в бортовой части древней Улытауской структуры.

**СПАСИБО
ЗА
ВНИМАНИЕ**