

# **10 лекция - Месторождения металлических полезных ископаемых.**



# МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

- В настоящее время из руд месторождений извлекаются и используются в промышленности более 70 металлов. Промышленные классификации металлов многочисленны, разнообразны, но в значительной мере условны, так как базируются на различных принципах (иногда даже в одной классификации) – областях или промышленных отраслях применения, физических и химических свойствах, степени распространенности месторождений и др.
- В зависимости от свойств металлов, определяющих направления промышленного использования, их разделяют на следующие группы:
- 1) *черные и легирующие* – железо, марганец, хром, титан, ванадий, никель, кобальт, вольфрам и молибден.
- 2) *цветные* – алюминий, медь, цинк, свинец, олово, сурьма, висмут, ртуть.
- 3) *благородные* – золото, серебро, металлы платиновой группы (платина, палладий, иридий, родий, рутений, осмий).
- 4) *радиоактивные* – уран, радий, торий.
- 5) *редкие и рассеянные* – литий, бериллий, рубидий, цезий, гафний, скандий, галлий, рений, кадмий, индий, таллий, германий, селен, теллур, tantal, ниобий, цирконий.
- 6) *редкоземельные* – лантан, церий, иттрий, празеодим, неодим и др. (16 элементов).

Ведущие отрасли экономики, осуществляющие добычу и переработку руд металлов – черная и цветная металлургия. **Черная металлургия** добывает и перерабатывает руды типичных черных металлов – железа, марганца, хрома, а также производит необходимое для металлургической переработки руд дополнительное сырье – магнезит, оgneупорные глины и др. На некоторых рудниках попутно получают неметаллическое сырье, применяемое в других отраслях.

В **цветной металлургии** кроме руд цветных металлов добывают благородные, редкие, рассеянные, и редкоземельные металлы. Легирующие металлы, необходимые для выплавки специальных сталей и сплавов, также производят на предприятиях цветной металлургии. Радиоактивные металлы, включенные в группу металлических полезных ископаемых, используются преимущественно в качестве высококалорийного топлива в энергетике.

# ЖЕЛЕЗО

- *Геохимия и минералогия.* Среднее содержание (кларк) железа в земной коре 4,65 % (по массе). Его высокое содержание связано с ультраосновными, основными магматическими породами, а также с метаморфическими горными породами.

Известно более 450 минералов, содержащих железо. Промышленными минералами являются (содержание Fe, %):

- магнетит  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (72,4);
- 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);
- сидерит  $\text{FeCO}_3$  (48,3),
- железистые хлориты – шамозит и тюригит (27–38).



*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. Кондиционное содержание железа в рудах, требующих обогащения, снижается до 14–25 %.



Вредными примесями в рудах являются сера, 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.

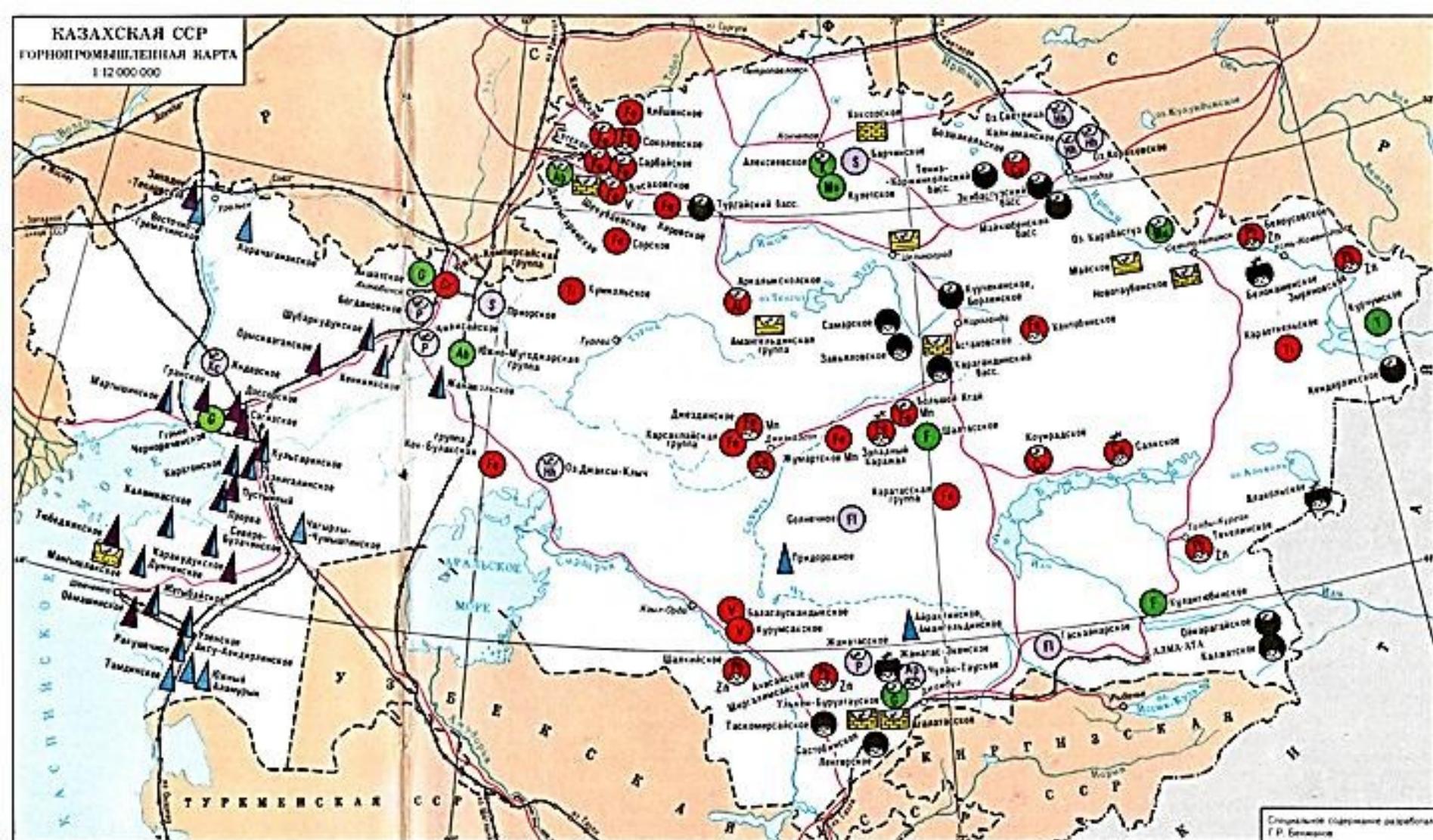
К весьма крупным в СНГ относятся железорудные месторождения с запасами более 1 млрд т, к крупным – от 300 млн. т до 1 млрд. т, к средним – от 50 до 300 млн. т, к мелким – с запасами менее 50 млн. т.



*Применение.* Железные руды являются исходным сырьем для получения чугуна (с содержанием углерода – С 2,5–4 % и более), сталистого чугуна (2,5–1,5 %С), стали (1,5–0,2 %С) и железа (0,2–0,04%С). 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. Присутствие бора повышает полезное действие других легирующих элементов. Некоторые разности железных руд применяются в химической промышленности для получения красок, а также в нефтяной промышленности (гематит) в качестве утяжелителя глинистых растворов при бурении скважин.



КАЗАХСКАЯ ССР  
ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ НАРТА  
1:2 000 000



Специальный спонсор проекта  
Г.Р. Бендеров

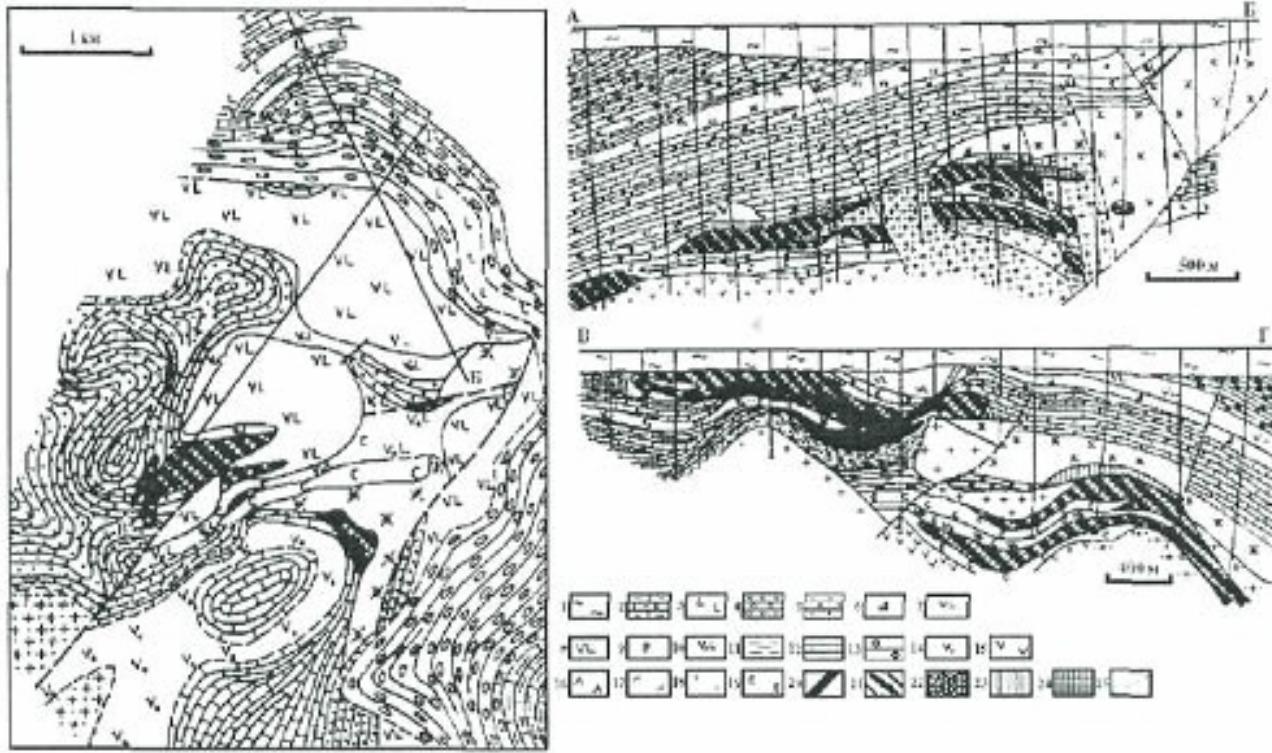


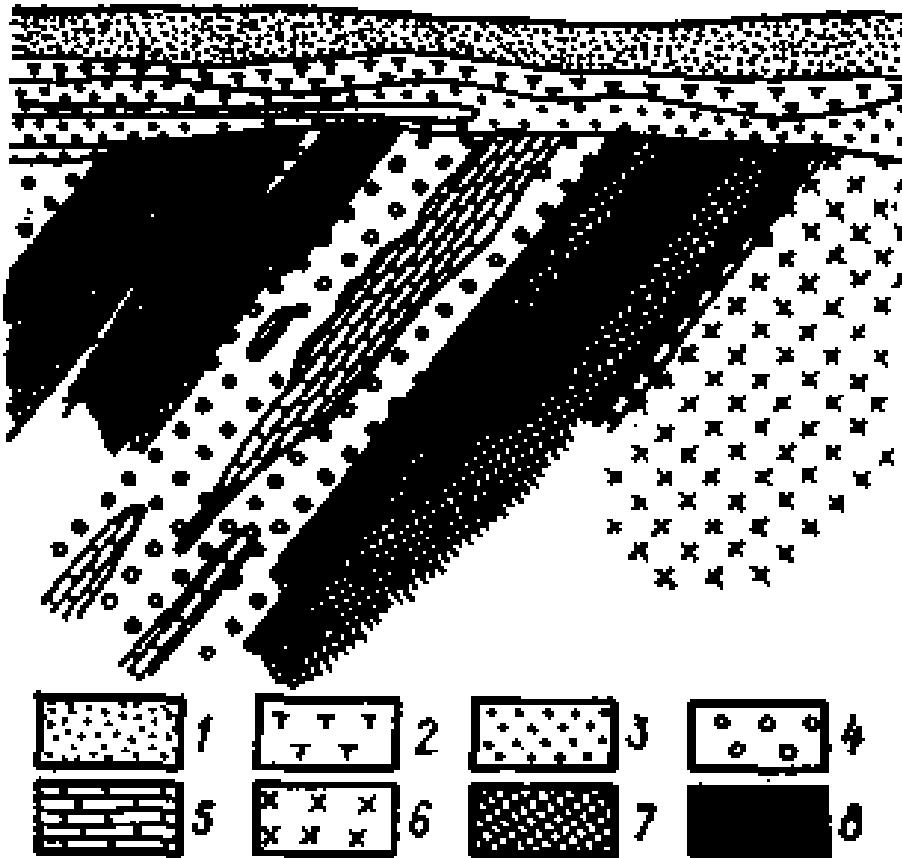
Рис.18. Месторождение Качарское. По Г.С. Порогову, А.М. Дымкину, Ю.А. Погребец.

1 – мезо-кайнозойские отложения, 2-4 – коскульская свита: 2 – известковистые алевролиты и песчаники, 3 – базальтовые порфиры и долериты, 4 – конгломераты, 5-10 – андреевская свита: 5 – красноцветные песчаники, алевролиты, гравелиты, 6 – афирыты, 7 – гиперстен-плагиоклазовые порфиры, 8 – грубообломочные туфы плагиоклазовых порфиритов, 9 – плагиоклазовые трахитоидные порфиры, 10 – грубообломочные туфы полифировых порфиритов; 11-14 – соколовская свита; 11 – туфлиты и алевролиты, 12 – известняки 13 – антидирит-содержащие породы, 14 – туфы андезитовых порфиритов; 15 – андезитовые порфиры сарбайской свиты, 16 – дацитовые и гнеймбриты, 17 – кварцевые порфиры, 18 – микролит-, фельзит- и гранит-порфиры; 19 – пироксен-скаполитовые и апоскаполитовые метасоматиты; 20-24 – руды: 20 – богатые магнетитовые, 21 – бедные магнетитовые, 22 – жильные магнетитовые, 23 – жильные мартитизированные, 24 – вкрапленные мартитизированные; 25 – тектонические нарушения

- *Запасы и добыча.* Мировые ресурсы железных руд безграничны. Его общие запасы 350 млрд т, а разведанные оцениваются в 185 млрд т. Зарубежом основные запасы железных руд сосредоточены в КНР, Бразилии, Канаде, Индии, США и Австралии. В пределах бывшего СНГ сосредоточено 1/3 часть основных и разведанных запасов железных руд. Более 80%-ов сосредоточено в Украине, центрально-европейской части России, Казахстане и на Урале. В Сибири и на Крайнем Востоке есть значительное количество разведанных запасов железной руды, но их немного.
- Богатые железные руды (Fe 57%,  $\text{SiO}_2$  8–10%, S, P 0,15%) могут минуя доменный процесс сразу идет на производство стали. Они могут сразу идти на конвертерное, мартеновское или бессемерское производство. Самые богатые железные руды (Fe 68%,  $\text{SiO}_2$  2%, S, P 0,01%) для производства гранул, после их электрического плавления для производства стали.

*Казахстан* располагает надежной железорудной сырьевой базой. Суммарные запасы железных руд, учтенные балансом (17 месторождений), включая забалансовые (11 месторождений), составляют 17 млрд т. Из них 93% приходится на пять крупных месторождений: Качарское, Сарбайское, Соколовское, Аятское, Лисаковское. Все месторождения находятся в Северном Казахстане (северо-западная часть Торгайского прогиба). Здесь же располагаются 7 резервных разведанных месторождений с общими запасами 1,3 млрд т (Алешинское, Ломоносовское, Южно-Сарбайское, Сорское, Шагыркольское), одно законсервированное – Коржункольское и два забалансовых (Адаевское и Бенкалинское)



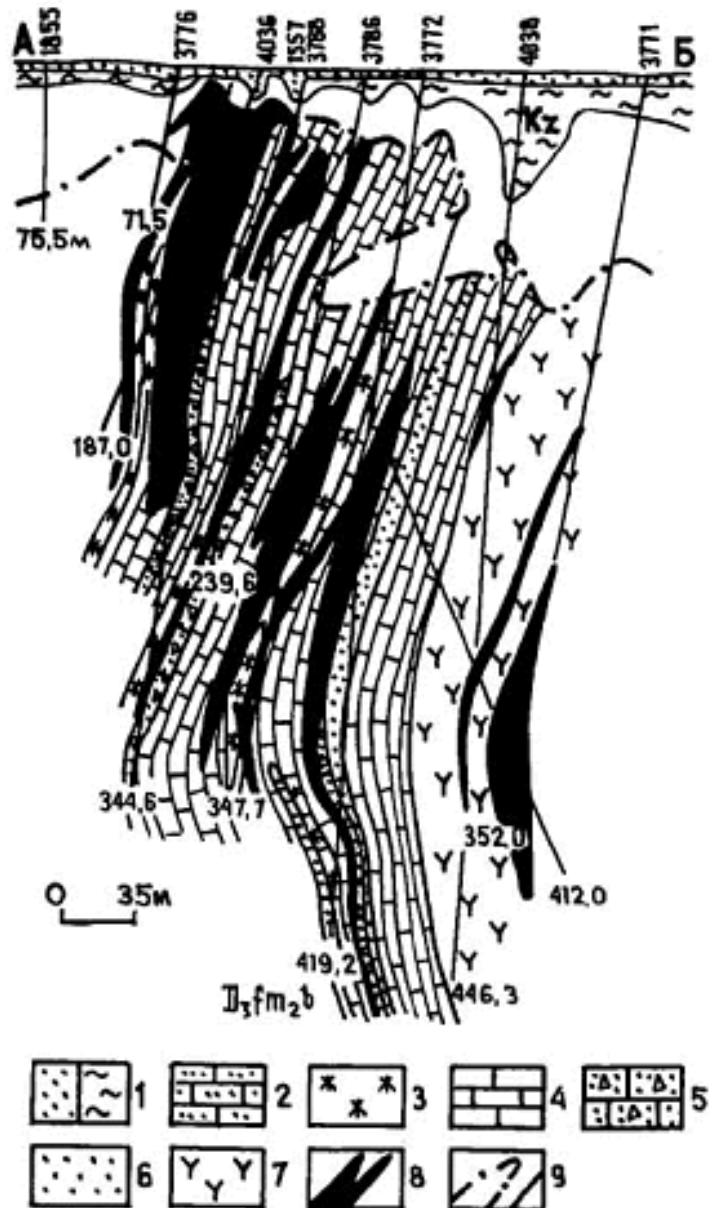


Месторождение Сарыбай – одно из самых крупных месторождений в Костанайской области. Месторождение расположено в контактовой зоне карбоновых вулканогенно-осадочных толщ с массивными диоритами, осложнено продольными и поперечными трещинами нарушениями. Три рудных залежи образованы при метасоматическом замещении карбонатных горных пород, их длина 1550–2000 м, толщина 80–100 м. Геологический разрез месторождения (по И.А.Кочергину и В.А.Адамчук): 1 – песок, глинистый сланец; 2 – опока; 3 – кварцевый песок и песчаник; 4 – скарн; 5 – ороговикованная карбонатная порода; 6 – порфир; 7–8 – руда: 7 – скарновая, 8 – магнетитовая.

Промышленные месторождения других районов Казахстана значительно уступают Торгайским.

Среди них выделяются только разрабатываемые в Центральном Казахстане месторождения – Западный Каражал, Ушкатын III и Кентобе, с более богатыми рудами. Суммарные разведанные запасы более 300 млн т. Кроме того, здесь известны месторождения с забалансовыми рудами – Ктай Большой (38,5 млн т) и ряд месторождений железистых кварцитов: Балбраун (125,5 млн т), Керегетас (60 млн т), Ащитасты (90,3 млн т), Гвардейское (200 млн т). Забалансовые запасы учтены только по месторождениям Балбраун и Керегетас.





Меторождение Ушкатаын III. По А.А. Рожкову, Е.И. Бузмакову и др.

1 - песчано-глинистые отложения; 2 - органогенно-детритовые известняки; 3 - красноцветные узловато-слоистые известняки, местами кремнистые вишневые; 4 - органогенные известняки; 5 - седиментационные брекчии, когломерато-бречии; 6 - алевролиты, песчаники вишневые; 7 - фельзит-порфиры; 8 - свинцово-баритовые руды; 9 - граница зоны окисления

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

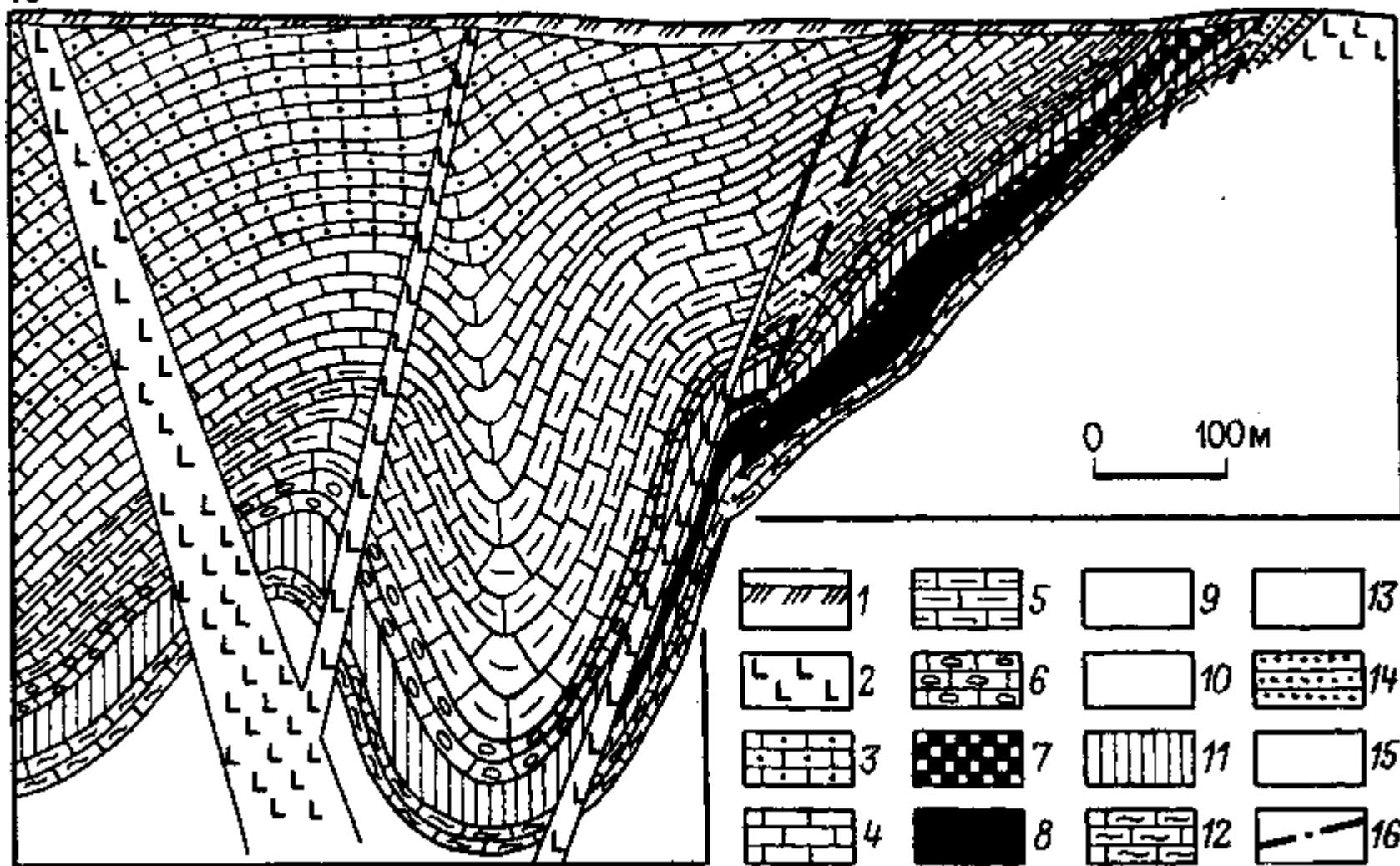
В Западном Казахстане наиболее крупным является месторождение Кокбулак (1,9 млрд т) с забалансовыми оолитовыми бурожелезняковыми рудами (Северо-Восточное Приаралье), а также крупное месторождение Велиховское с прогнозными запасами титано-магнетитовых руд до 1 млрд т. На Алтае разведаны месторождения железных руд: Холзунское (680,2 млн т) и Родионов Лог (58 млн т).

# МАРГАНЕЦ

*Геохимия и минералогия.* Кларк марганца 0,1%. Его значительно высокие содержания характерны для ультраосновных и основных горных пород, коэффициент концентрации высокий (свыше 300). Марганец содержится в 150 минералах. Промышленными являются (содержание Mn):

- пиролюзит  $MnO_2$  (55–63);
- браунит  $Mn_2O_3$  (60–69);
- гаусманит  $Mn_3O_4$  (65–72);
- манганит  $MnO(OH)$  (50–62);
- псиломелан  $mMnO \cdot MnO_2 \cdot nH_2O$  (40–60);
- родохрозит  $MnCO_3$  (40–45);
- манганокальцит  $(Ca, Mn)CO_3$  (7–23).

*Запасы и добыча.* Общие мировые запасы составляют 18 млрд т, в СНГ 2,4 млрд.т, 1,3 млрд тонны ОАЭ, 200- 50 млн тонн сосредоточено в Габоне, Австралии, Бразилии и Индии. На дне океанов запасы железо-марганцевых конкреций оцениваются в 1,7 млрд тонн. Разведанные мировые запасы руд составляют 4,2 млрд тонн, большая часть разведанных промышленных запасов в ТМД (760 млн т) и Габоне (400 млн т), а в ОАР Бразилии и Австралии 50 млн тонн.



**Геологический разрез Западно-Каражальского месторождения:**

1 – четвертичные суглинки; 2 – диоритовые порфиры; 3 – известняки кремнистые с редкими карбонатными желваками; 4 – известняки кремнистые; 5 – известняки глинистые; 6 – известняки с прослойями роговиков; 7 – магнетитовые руды; 8 – гематитовые руды; 9 – марганцевые руды; 10 – бедные баритизированные железные руды; 11 – бедные железо-марганцевые руды, 12 – кремнисто-карбонатные породы с прослойями роговиков, 13 – углистые аргиллиты, алевролиты и кремнистые известняки; 14 – песчаники полимиктовые, алевролиты; 15 – кварцевые порфиры, альбитофиры, порфириты и их пирокласты; 16 – тектонические нарушения

*Типы руд и кондиции.* По минеральному составу выделяют руды оксидные, карбонатные и смешанные. Оксидные и оксидно-карбонатные руды считаются кондиционными при содержании марганца не менее 17 % в необогащенном сырье и не менее 25 % в мытой руде. Минимальное содержание марганца в карбонатной руде 13 % при условии получения 22 % металла в мытой руде. К вредным примесям относится фосфор (не более 0,2 %).

По масштабам запасов месторождения очень крупные – свыше 150 млн тонн, крупные – 75–150 млн т, средние – 25–75 млн т, мелкие объекты – запасы до 25 млн тонн. Запасы уникальных месторождений составляют свыше 1 млрд тонн.

Марганцевые руды производятся в более 30 странах. В последнее время мировое объемы производство возросли, достигло 25 млн тонн; около 50 %-тов принадлежит странам СНГ. Значительные запасы марганцевых руд (1,7–5,5 млн т) добываются в ОАР, Бразилии, Австралии, Габоне, Индии.

*Применение.* Основная часть (95 %) добываемых марганцевых руд применяется в черной металлургии в виде ферромарганца и «зеркального чугуна» благодаря свойству этого элемента придавать стали вязкость, ковкость, твердость и жаростойкость. Кроме того, добавки марганца при плавке руды способствуют болееному переходу вредных примесей в шлаки и более легкому отделению последних от металлического расплава. В среднем расход марганца достигает 1 % массы продукции сталелитейной промышленности.

Марганец используется также в производстве стекла, керамики, минеральных красителей, оксида марганца и других химических продуктов.

В *Казахстане* балансовые запасы марганцевых руд более 400 млн т. Прогнозные ресурсы оцениваются в 850–900 млн т. Основные запасы (99%) сосредоточены в Атасуском рудном районе Центрального Казахстана (месторождения Западный Каражал, Ушкатын III, Большой Ктай, Камыс). На долю остальных месторождений (Жезды, Промежуточное) приходится около 6 млн т. В последние годы разведано новое месторождение Тур с утвержденными запасами 10,4 млн т. В Казахстане всего учтено 11 месторождений марганца. Наиболее крупным из них является Западный Каражал, включающий более половины всех балансовых запасов марганцевых руд республики. Вторым по масштабам является Ушкатын III. Степень промышленного освоения марганцевых месторождений Казахстана низкая. Занимая третье место в мире и второе в СНГ по запасам руд марганца, Казахстан по их добыче находится на 11 месте в мире.

# ХРОМ

- *Геохимия и минералогия.* Кларк хрома составляет 0,0083%. Значительно высокие содержания характерны для ультраосновных и основных горных пород. Коэффициент концентрации очень высокий (около 4000). Хром входит в состав 25 минералов. Основная формула промышленного хромита  $(\text{Mg},\text{Fe})\text{O}(\text{Cr},\text{Al},\text{Fe})_2\text{O}_3$ .
- *Запасы и добыча.* За границей установленные запасы хромита около 3,5 млрд т. Его основная часть сосредоточена в ОАР (3 млрд т) и Зимбабве (200 млн т). В других странах (Финляндия, Турция, Индия, Бразилия) запасы руды ограничены. Мировое производство хромита (включая СНГ) составляет 9,8 млн тонн. Руду производят в 14 странах – ОАР (50%), Турция, Филиппины, Индия, Финляндия и в других.
- По масштабам запасы очень крупных месторождений составляют свыше 25 млн тонн, крупных – 5–25 млн т, средних – 1–5 млн т, мелких – до 1 млн тонн. Запасы уникальных месторождений составляют сотни млн т.

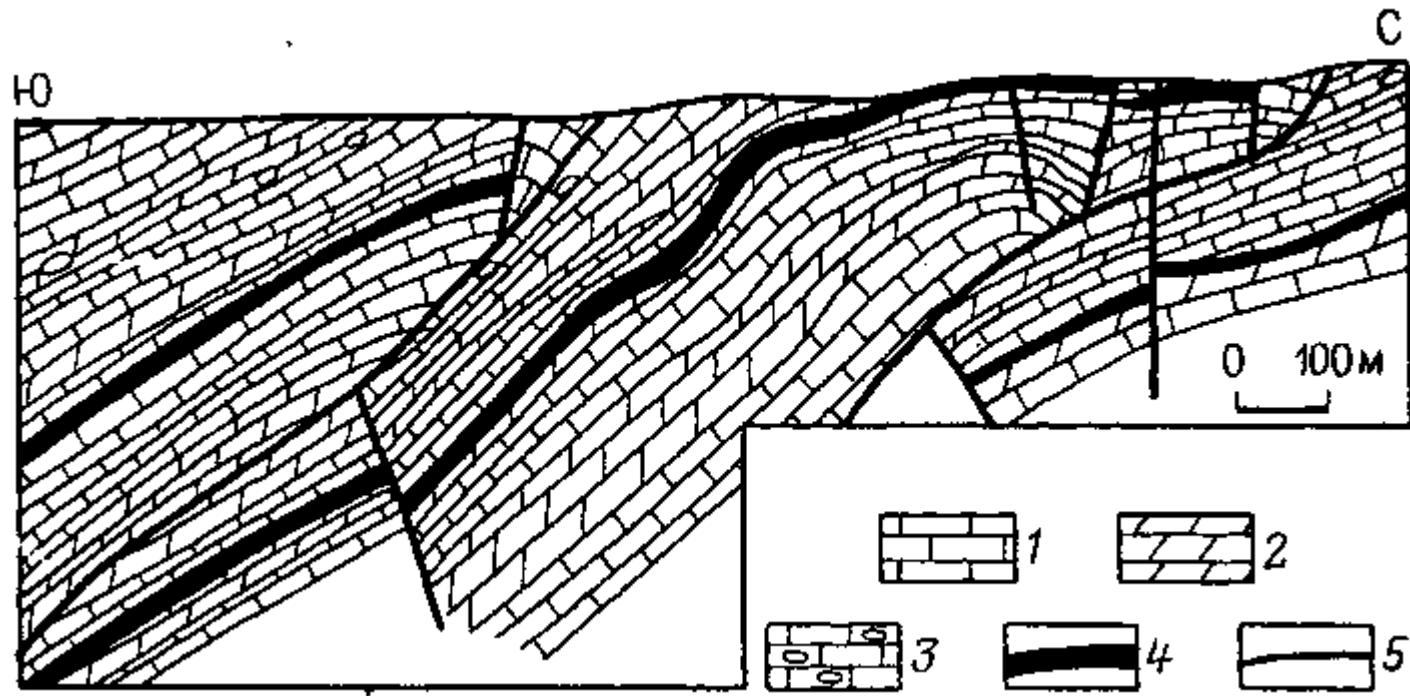
*Применение.* Основными потребителями хромитов являются металлургия (65 % добычи), огнеупорная (18%) и химическая (17%) промышленность. Добавка феррохрома к сталям повышает их вязкость, твердость, и антикоррозионные свойства. Сплавы хрома с кобальтом, вольфрамом и молибденом служат для антикоррозийного покрытия (хромирования). В химической промышленности хромит применяют для производства красок и дубителей кож.

Кларк хрома 0,0083%. Хром входит в состав 25 минералов. Промышленное значение имеют хромиты с общей формулой  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$  и изменчивыми содержаниями компонентов (%):  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  16–65;  $\text{MgO}$  до 16;  $\text{FeO}$  до 18;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  до 30;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  до 33. Наиболее распространенным из хромитов является (содержание  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , %):

магнохромит  $(\text{Mg},\text{Fe})\text{Cr}_2\text{O}_4$  (50–65);

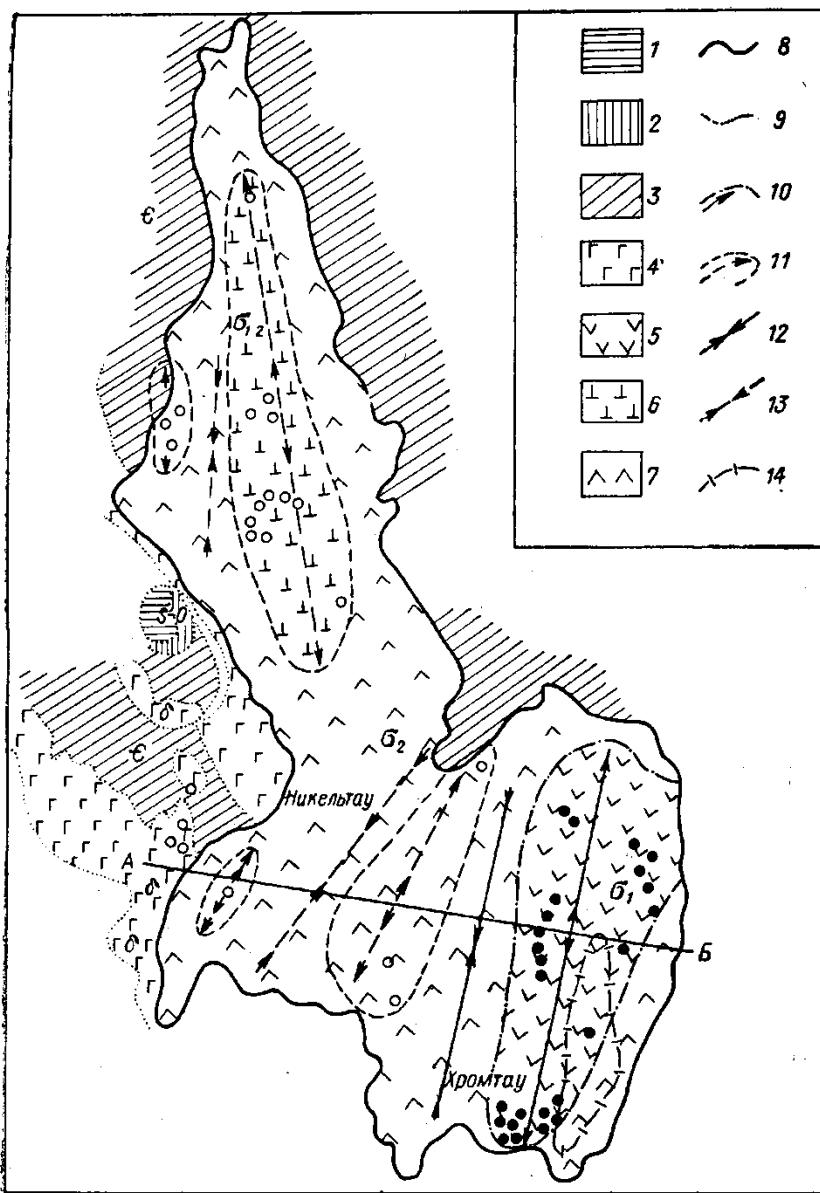
хромпикотит  $(\text{Mg},\text{Fe})(\text{Cr},\text{Al})_2\text{O}_4$  (35–55);

спаломитит  $(\text{Fe},\text{Mg})(\text{Cr},\text{Al})_2\text{O}_4$  (35–50).



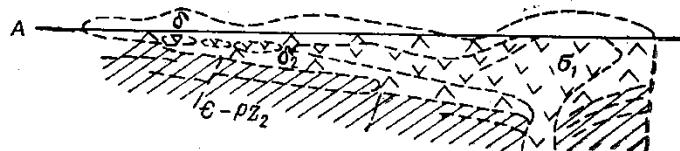
### Схематический разрез Миргалимсайского месторождения:

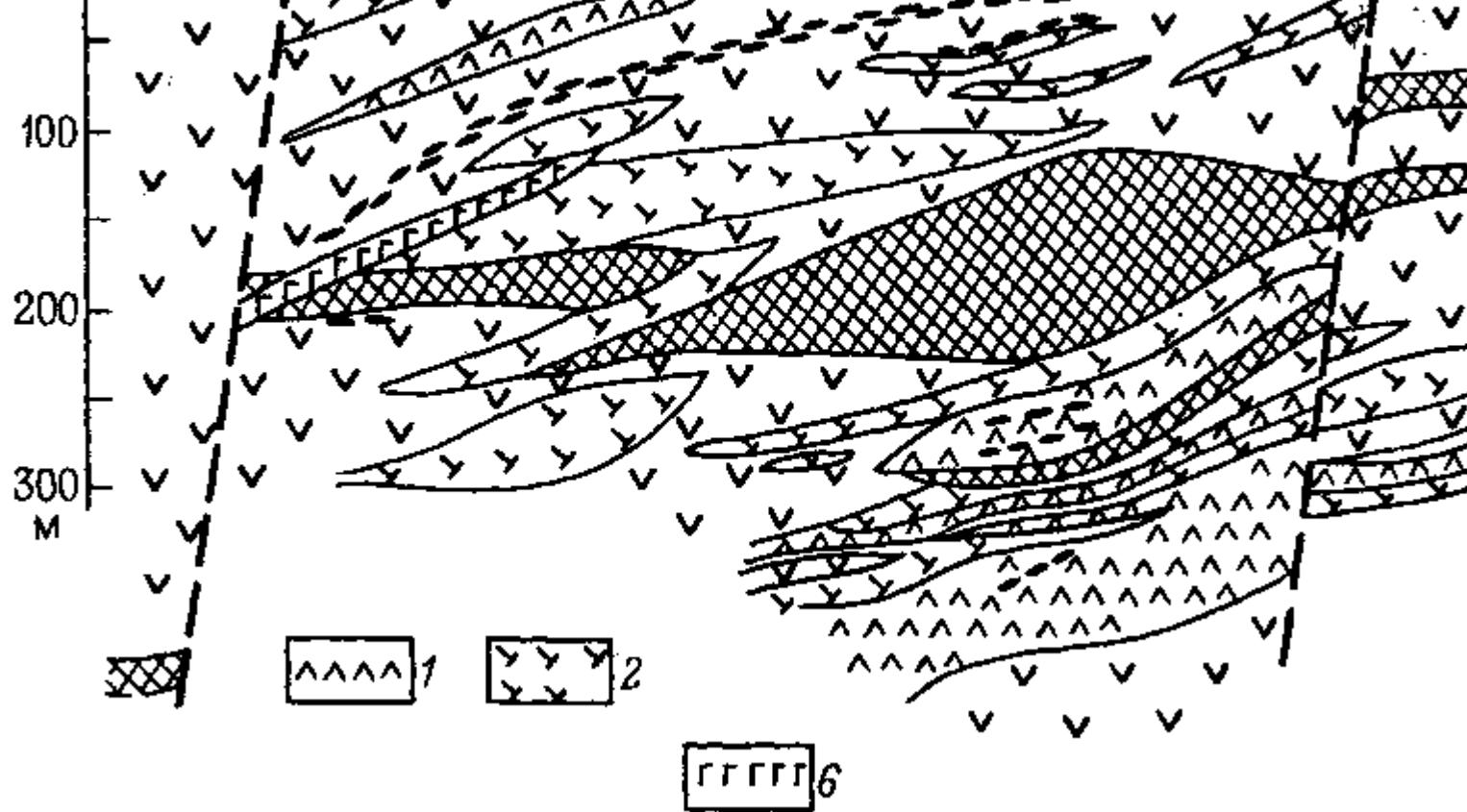
1 – известняки; 2 – доломиты; 3 – брекчированные известняки; 4 – рудные тела; 5 – разрывные нарушения



Структурно-петрографическая схема  
Кемпирсайского хромитового массива (по  
Н.В.Павлову и Г.А.Соколову).  
Палеозойские вмещающие образования:

1 – силур; 2 – ордовик; 3 – кембрий; 4 – габброиды; 5 – серпентинизированный дунит и перидотит; 6 – серпентинизированный комплекс; 7 – серпентинизированный перидотит; 8 – контуры ультраосновных массивов горных пород; 9 – стратиграфические границы; 10 – выступы и их оси в массиве; 11 – неясные окрыглые выступы; 12 – оси округлых опусканий; 13 – неясные оси округлых опусканий; 14 – проекции контуров подводящих каналов – высоко хромистые месторождения и рудопроявления; открытые проекции – незначительные хромистые месторождения и проявления





**Схематический геологический разрез Кемпирсайского месторождения:**  
 1 – гарцбургит; 2 – энстатитовый дунит; 3 – дунит; 4 – хромитовая руда; 5 – маломощные шлировые хромитовые выделения; 6 – габбро-диабаз; 7 – линии тектонических нарушений

*Типы руд и кондиции.* Хромитовые руды – единственный промышленный тип руд – разделяют на богатые и бедные с минимальными содержаниями  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  соответственно 37 и 12%. Бедные руды подлежат обогащению. Для производства ферросплавов используют руды с содержанием оксида хрома не менее 40 %, фосфора не более 0,07%, серы не более 0,05 % и отношением  $\text{Cr}_2\text{O}_3:\text{FeO}$  не менее 2,5–3. Для получения огнеупоров пригодны руды с содержанием  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  не менее 35%,  $\text{SiO}_2$  не более 8 %,  $\text{CaO}$  не более 2 %.

**Казахстан** занимает ведущее место в мире по запасам и добыче хромитов. Основные месторождения расположены в пределах Кемпирсайского массива. К весьма крупным относятся месторождения с запасами более 25 млн т, к крупным – от 5 до 25 млн т, к мелким – менее 1 млн т. Уникальные месторождения имеют запасы руд сотни миллионов тонн.

# ВОЛЬФРАМ И МОЛИБДЕН

*Геохимия и минералогия.* Кларк вольфрама 0,003%, молибдена – 0,0011%, коэффициент концентраций двух металлов 5000. Их высокое содержание характерно для кислых магматических горных пород. Вольфрам входит в состав 14 минералов. К промышленным и шеелит  $\text{CaWO}_4$  (80,6%  $\text{WO}_3$ ).

Молибден входит в состав 9 минералов, его главные минералы – молибденит  $\text{MoS}_2$  (60% Mo) и молибдошеелит  $\text{Ca}(\text{Mo},\text{W})\text{O}_4$  (0,5–1% Mo).

- Основные запасы молибдена (без СНГ) 1,4 млн т, и определенные оцененные – 7,7 млн т. Основная часть запасов сосредоточена: США (определенные запасы 40%), Чили (26%), Канада, Перу, Иран, Мексика. Производство молибдена руд 84,3 млн т (в отношении к металлу), они сосредоточены в месторождениях США, Канады и Чили.
- Масштабы запаса (тыс. т):  $\text{WO}_3 > 250$  и  $\text{Mo} > 100$  – средние;  $< 15$  и  $< 1$  – мелкие месторождения.
- В пределах СНГ сосредоточены большие руды вольфрама и молибдена. Крупные месторождения с монометальными и комплексными рудами – Казахстан, Узбекистан, Забайкалье, Дальний Восток, Красноярский район, Северный Кавказ.

*Применение.* Вольфрам используется в металлургии для получения легированных сталей (добавка его повышает твердость, прочность и тугоплавкость стали), а в чистом виде – в электроосветительной аппаратуре. Кроме того, вольфрам входит в состав жаропрочных и твердых сплавов.

Молибден применяется в металлургии высококачественных нержавеющих инструментальных и специальных сталей и сплавов. Металлический молибден используется в электро- и радиотехнике. Соединения молибдена служат катализаторами при крекинге нефти, сырьем при производстве красок, химических реагентов, огнестойких пластмасс, удобрений.

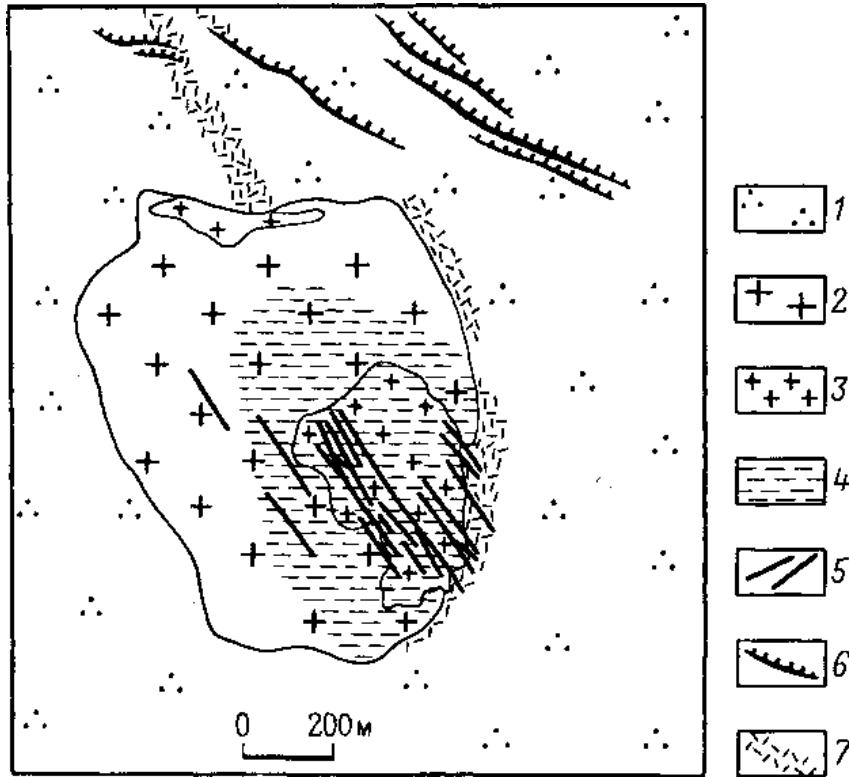
Кларк вольфрама 0,003 %, молибдена 0,0011 %. Вольфрам содержится в 14 минералах, из которых к промышленным относятся (содержание  $\text{WO}_3$ , %):  
вольфрамит  $(\text{Fe},\text{Mn})\text{WO}_4$  (76,5);  
шеелит  $\text{CaWO}_4$  (80,6).

Молибден образует 9 минералов, из них главные (содержание Mo, %):  
молибденит  $\text{MoS}_2$  (60),  
молибдошеелит  $\text{Ca}(\text{Mo},\text{W})\text{O}_4$  (0,5–15).



*Типы руд и кондиции.* Вольфрам получают из скарновых шеелитовых, кварц-шеелитовых и вольфрамитовых руд. Минимальное промышленное содержание  $WO_3$  в рудах варьирует от 0,3 до 1–2% (в среднем 0,7%), в комплексных рудах может быть ниже. Для россыпей минимальное промышленное содержание вольфрамита составляет 400–1000 г/м<sup>3</sup>. Для извлечения молибдена основное значение имеют только молибденитовые руды. Реже могут представлять интерес молибдошеелитовые руды. Минимальное промышленное содержание молибдена в рудах колеблется от 0,01 до 1 % – в зависимости от типа месторождения, комплексности руд и условий разработки.

По масштабам запасов принято следующее деление месторождений. Весьма крупные месторождения имеют запасы соответственно  $WO_3$  и Mo (тыс. т) более 250 и более 100, крупные – 250–100 и 100–50, средние 100–50 и 50–25, мелкие – менее 50 и менее 25.

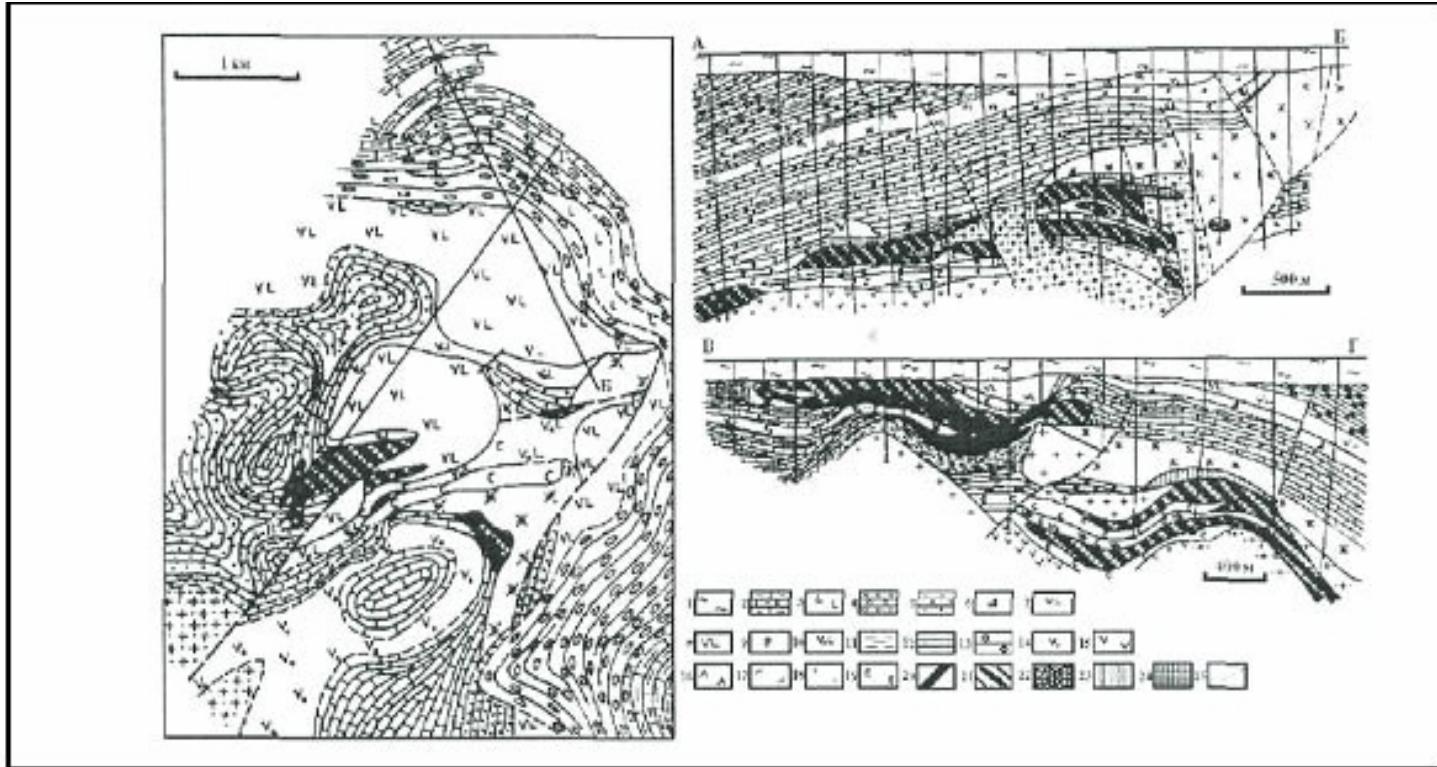


### Геологическая схема редкометалльного месторождения Забайкалье:

1 – песчаники и сланцы; 2 – среднезернистые биотитовые граниты (первая фаза); 3 – мелко- и среднезернистые лейкократовые граниты (вторая фаза); 4 – рудоносные грейзеново-амазонит-альбитовые метасоматиты; 5 – кварц-амазонитовые жилы; 6 – топаз-кварц-касситеритовые жилы; 7 – топаз-циннвальдитовые грейзены с вольфрамитом

В недрах **Казахстана** заключено более 53% запасов вольфрама СНГ. Балансом учтены запасы по 16 месторождениям, в том числе по 12 балансовым и 4 забалансовым.

Основные запасы сосредоточены в 6 крупных и уникальных месторождениях: *Верхнее Кайракты, Богуты, Караоба (штокверк), Северный Катпар, Коктенколь, Баян, Аксоран*. Остальные месторождения менее значимы: балансовые *Нураталды, Солнечное, Акмая*; забалансовые *Батыстау, Байназар, Чердояк, Гремячее*. Более 87% запасов вольфрама промышленных категорий приходится на долю штокверковых руд с низким содержанием триоксида вольфрама (*Верхнее Кайракты, Коктенколь*), что является основным сдерживающим фактором их освоения. Преобладание нерентабельных (неактивных) ресурсов вольфрамовых руд, заключенных в комплексных вольфрамо-молибденовых месторождениях, характеризующихся крупными размерами и низким (до 0,2%) содержанием триоксида вольфрама, делает эти ресурсы неконкурентными. В связи с этим главной проблемой является выявление новых месторождений с условно рентабельными вольфрамовыми рудами (скарновые, жильные, россыпные).



**Рис.18. Месторождение Качарское.** По Г.С. Поротову, А.М. Дымкину, Ю.А. Потапец.

1 – мезо-кайнозойские отложения, 2-4 – коскульская свита: 2 – известковистые алевролиты и песчаники, 3 – базальтовые порфириты и долериты, 4 – конгломераты, 5-10 – андреевская свита: 5 – красноцветные песчаники, алевролиты, гравелиты, 6 – афириты, 7 – гиперстен-плагиоклазовые порфириты, 8 – грубообломочные туфы плагиоклазовых порфиритов, 9 – плагиоклазовые трахигоидные порфириты, 10 – грубообломочные туфы полифировых порфиритов; 11-14 – соколовская свита; 11 – туфлиты и алевролиты, 12 – известняки, 13 – ангидрит-содержащие породы, 14 – туфы андезитовых порфиритов; 15 – андезитовые порфириты сарбайской свиты, 16 – дацитовые итнимбриты, 17 – кварцевые порфиры, 18 – микролит-, фельзит- и гранит-порфиры, 19 – пироксен-скаполитовые и апоскаполитовые метасоматиты, 20-24 – руды: 20 – богатые магнетитовые, 21 – бедные магнетитовые, 22 – жильные магнетитовые, 23 – жильные мартитизированные, 24 – вкрашенные мартитизированные; 25 – тектонические нарушения

По запасам молибдена Казахстан занимает четвертое место в мире и первое среди стран Азии. Учтены запасы молибденовых руд по 34 месторождениям – из них 26 месторождений балансовые, остальные забалансовые. Среди них 16 месторождений собственно молибденовых и комплексных молибдено-вольфрамовых: *Коктенколь Южный, Шалгия, Жанет, Батыстау, Верхнее Кайракты, Караоба, Северный Катпар, Акшатай* и др. и 10 комплексных медно-молибденовых (молибдено-медно-порфировых) месторождений: *Актогай, Айдарлы, Бозшаколь, Каратас IV, Коксай, Коунрад, Борлы, Саяк, Шатыркул, Жайсан*. При этом около 70% запасов молибденовых руд заключено в собственно молибденовых и комплексных молибдено-вольфрамовых месторождениях, из них почти 50% сосредоточено в существенно молибденовом *Коктенкольском месторождении (Южный участок)*. Основным промышленным типом молибденовых месторождений является штокверковый (порфировый). Удельный вес запасов месторождений этого типа составляет около 94%.



# АЛЮМИНИЙ

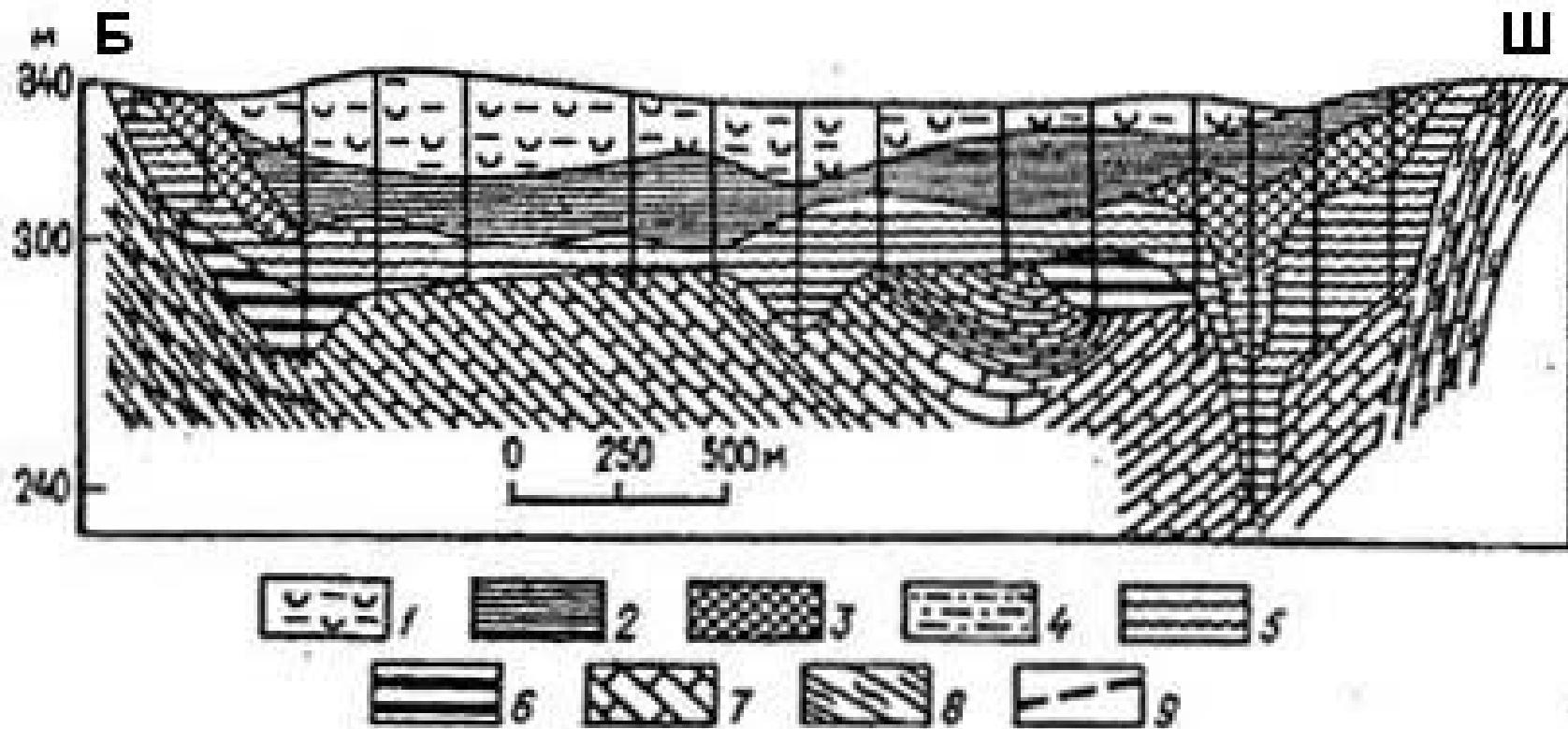
*Геохимия и минералогия.* Кларк алюминия 8,05%. Его массовая концентрация в земной коре по А.П.Виноградову в: ультраосновных горных породах – 0,45%, основных – 8,76, средних – 8,85 килых – 7,7%, осадочных – 10,45%. Высокие содержания алюминия связаны с щелочными горными породами. Например, в нефелиновых сиенитовых горных породах содержание оксида алюминия 22–25%, в связи с этим эти горные породы называются алюминиевыми рудами.

Алюминий входит в состав 250 минералов. Среди них промышленными являются: бемит и диаспор –  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (85%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), гиббсит (гидрагиллит) –  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (65,4%), нефелин –  $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$  (34%), алунил –  $\text{KAl}_3[\text{SO}_4]_2 \cdot (\text{OH})_6$  (77%). Перспективными для извлечения алюминия являются – кианит, силлиманин, андалузит и каолинит.



- **Запасы и добыча.** Заграницей сырьем для алюминия служат – бокситы общие запасы 57 млрд т, а определенные оцениваются в 26,2 млрд т. 90% запасов сосредоточено в странах тропической зоны. 75% его объема принадлежат Австралии, Гвинее, Бразилии, Суринаму, Ямайке, Индии, также Греции и Франции. Бокситы производятся в 28 странах, его объемы 74,3 млн т. Производство 80% объемов относится к Австралии, Ямайке, Гвинее, Суринаму, Гайане, Греции, Франции, США. Мировое производство глинозема (алюмооксидов) (не считая страны СНГ) 23–27 млн т, алюминия – 10–12 млн т.
- В странах СНГ основные месторождения бокситов расположены: Северный и Южный Урал, Западная и Восточная Сибирь, Казахстан (*Амангелдинское, Аркалыкская группа*), Ленинградская область. Месторождение нефелиновых руд Кольского полуострова, Сибири и Казахстана.
- Бокситы по объемам запасов месторождений (млн т) делятся: очень крупные ( $>100$ ), крупные (50–100), средние (15–50) и мелкие ( $<15$ ).
- Цена алюминия в пределах 2–2,5 тыс. \$/т.

- В Казахстане сырьем алюминия является широко распространенный – боксит. Из определенных 200 месторождений и рудопроявлений платформенного типа более 50 месторождений являются бокситовыми. Крупными из этих месторождений являются: *Краснооктябрьское, Белинское, Тауынсор, Восточный Аят, Коктальское, Науырзымское, Верхне-Ашутское, Аркалыкское*. Все названные месторождения размещены в Торгайком прогибе, Западный Торгай, Восточный Торгай (Амангельдинские) и Центральный Торгай слагают бокситовый район. Добытые бокситы доставляются в Павлодарский алюминиевый (глиноземный) завод.
- В других районах *Талды Ащисай* (часть Мугаджарских общих запасов 2,1%) и известны более мелкие бокситовые *Майбалыкское, Конарлы, Акмолинское* и т.д. (Центральный Казахстан), *Фогелевка (Рабат), Ордабасы, Кутырган* и т.д. (Южный Казахстан).
- Также, в Казахстане алюминиевым сырьем являются большие запасы небокситового сырья сосредоточенные в – высокоглиноземистых сланцах (кианит, андалузит, т.д.) и каолинитовых глины, вместе с тем алюнит и нефелин-апатитовые руды.



Геологический разрез Аркалыкского месторождения (по Г.С.Кирпаль): 1 – зелено-серые неогеновые глины; 2 – пестроцветные палеогеновые глины; 3 – каменный, рыхлый и глинистый боксит; 4 – углисто-глиноземистая горная порода; 5 – подрудная глина ; 6 – глины кор выветривания; 7 – известняки верхнего девона-нижнего карбона; 8 – песчано-глинистые сланцы веихнего девона; 9 – разрывные нарушения

# МЕДЬ

*Геохимия и минералогия.* Кларк меди 0,01%, коэффициент концентрации 200. Известно 240 минералов. Среди них промышленное значение имеют: самородная медь, халькопирит  $\text{CuFeS}_2$  (34% Cu), борнит  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$  (63%), ковеллин  $\text{CuS}$  (66%), халькозин  $\text{Cu}_2\text{S}$  (79,8%), блеклые руды  $\text{Cu}_3(\text{AsSb})\text{S}_3$  (52–57%), куприт  $\text{CuO}_2$  (88,8%), малахит  $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$  (57,4%), азурит  $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$  (55,3%), хризоколла  $\text{CuSiO}_3\text{nH}_2\text{O}$  (36,1%).

- *Запасы и добыча.* Мировые запасы меди (без стран СНГ) 843 млн т, разведанные – 466 млн т. Основная часть разведанных запасов приходится к запасам месторождений США и Чили (в каждом 85 млн т), Замбии и Канады (29 млн т), Конго (25 млн т) и Перу (27 млн т). В мире медь производят в 37 странах, его объемы достигают 6,3 млн т; основную часть производят в (80%) США (1,1 млн т), Чили (1,4 млн т), Канада (0,8 млн т), Замбия, Конго, Австралия, Перу, Филиппины. Цена 1 тонны меди на мировой бирже около 7300–8600 долларов.

*Применение.* Медь обладает высокой электропроводностью, химической устойчивостью, ковкостью, тягучестью, и поэтому используется в различных отраслях промышленности: электротехнической и средств связи (50 %), машиностроительной (25 %), строительной, пищевой и химической (25 %). Широко известны сплавы меди с оловом, свинцом, алюминием, кремнием, бериллием (бронзы), цинком (латунь), никелем (мельхиор) и др.

Кларк меди 0,01 %. Известно более 240 минералов меди.

Промышленное значение имеют (содержание Cu, %):

халькопирит  $\text{CuFeS}_2$  (34);

борнит  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$  (63,3);

халькозин  $\text{Cu}_2\text{S}$  (79,8);

ковеллин  $\text{CuS}$  (66,4);

блеклые руды  $\text{Cu}_3(\text{AsSb})\text{S}_3$  (52–57);

куприт  $\text{CuO}_2$  (88,8);



*Типы руд и кондиции.* Медные руды делятся на два промышленных типа: **сульфидные и окисленные**, 90 % меди выплавляют из сульфидных руд, остальное количество приходится на самородную медь, оксиды, карбонаты и др. Попутно из медных (сульфидных) руд извлекаются **молибден, цинк, свинец, золото, рений, кадмий, индий, висмут, никель, кобальт, платиноиды, селен, теллур, сера** и др. Их стоимость нередко превышает стоимость меди. Требования к медным рудам зависят от их состава, масштаба запасов и способов разработки месторождений. Мелкие монометалльные месторождения эксплуатируются при минимальном содержании меди 2–3 %, для крупных оно может снижаться до 1 %, при открытой добыче – до 0,5 %, а для крупных комплексных месторождений – до 0,3 %.

Цены на медь на мировом рынке колеблются от 8000 до 9500 \$/т. По масштабам к весьма крупным относятся месторождения с запасами меди свыше 5 млн т, к крупным – от 1 до 5 млн т, средним – от 100 тыс. т до 1 млн т, к мелким – менее 100 тыс. т.



**Казахстан** занимает одно из ведущих мест в мире по запасам медных руд. Балансом утверждено 30 месторождений. Среди них уникальное по запасам и набору полезных ископаемых месторождение Жезказган, являющееся самой крупной сырьевой базой меднорудной промышленности республики.

К крупным относятся месторождения *Коунрад, Актогай, Айдарлы, Жаман-Айбат, Бозшаколь, Коксай, Каскармыс, Нурказган (Самарское)*. Из общего количества около 70 месторождений собственно меднорудных 30, остальные относятся к комплексным медьсодержащим. Основными геолого-промышленными типами медных месторождений (по добыче) являются месторождения медиистых песчаников (58%), медно-колчеданные (17,1%), медно-порфировые (8,2%), скарновые (4,2%) и др. В общем балансе запасов руды типа медиистых песчаников составляют 28%, медно-порфировые – 42%.

Месторождения медиистых песчаников *Жезказган, Жаман-Айбат, Сарыоба, Итауз* и др. расположены в Центральном Казахстане, медно-порфировые – в Центральном (*Коунрад, Бозшаколь, Борлы, Нурказган, Кызылту* и др.) и Южном (*Коксай, Актогай, Айдарлы, Каскырмыс, Восток I-IV*) Казахстане. Среди медно-колчеданных выделяются месторождения: им. 50 лет Октября, Приорское, Авангард, Аралчинское и др. в Мугалжарах; Акбастау, Космурун в Чингизе. Из медно-скарновых наиболее известными являются месторождения Саяк, Каратас, из кварц-сульфидных (жильные медные) – Шатыркул, Жайсан.

Кроме перечисленных ведущих типов в Казахстане известны месторождения медно-никелевые (*Максут, Койтас, Камкор*), медно-цеолитовые типа “манто” (*Темирлик*) и др.

## Размещение основных месторождений меди Республики Казахстан

100 км 0 100 200 300 км

## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

— ТУРКМЕНИСТАН  
Граница Республики Казахстан  
— Границы областей  
— Границы регионов  
— Железные дороги  
— Автомобильные дороги

- АСТАНА**
  - Столица
- КАРАГАНДА**
  - Областные центры
- ЖЕЗКАЗГАН**
  - Города

## МАСШТАБ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

ГЕОЛ  
МЕССИГОРЬЯ

- Эксплуатируемые
  - Вовлекаемые в отработку
  - Невовлекаемые в отработку

## Жезказганское - название месторождений

- Транспортные потоки концентратов
- Транспортные потоки руды
- Экспорт меди и медных концентратов

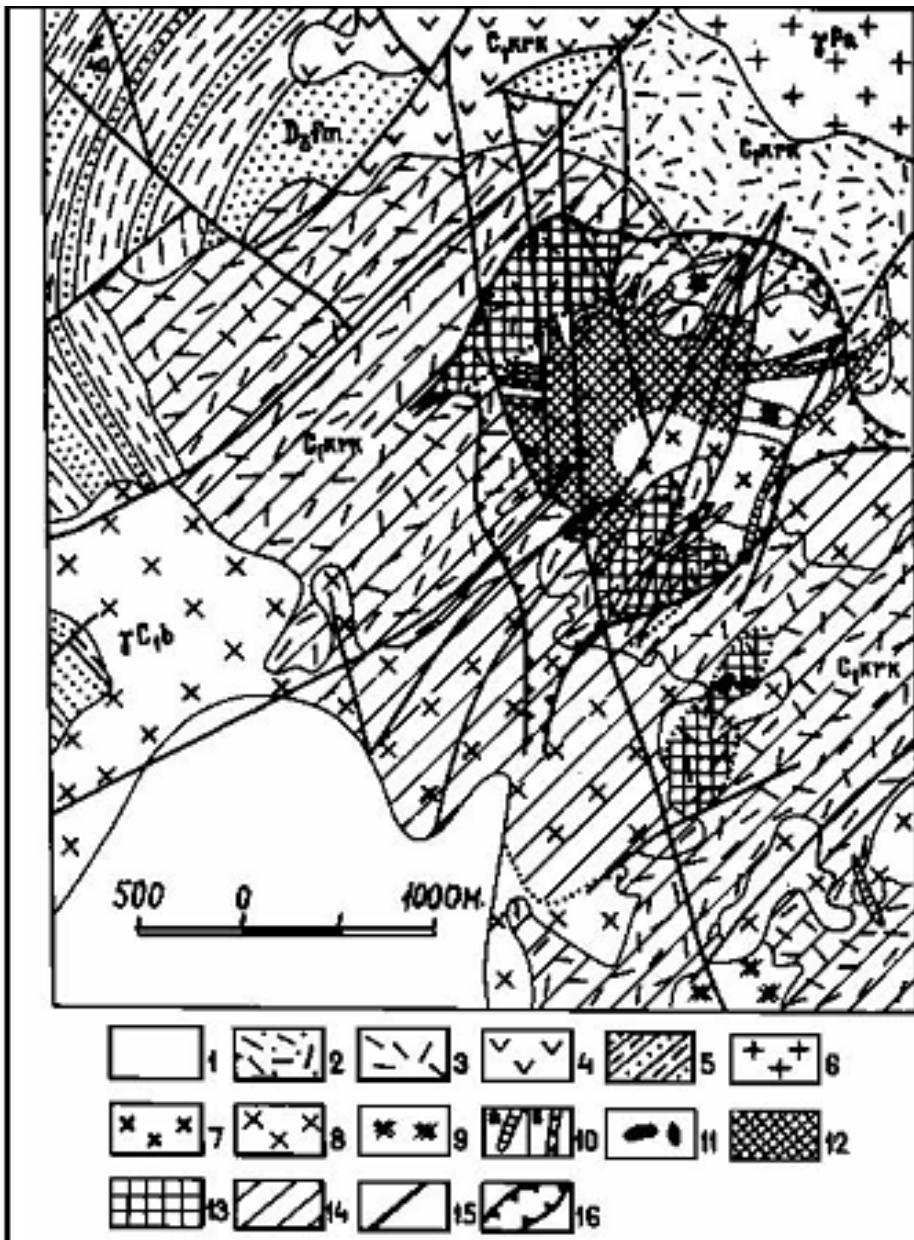


Рис. 26. Месторождение Коуррад. По материалам ГРП.

1 - современные образования; 2 - каркаралинская свита, риолитовые, риолит-дадитовые туфы; 3 - флюидальные, сферолитовые лавы, лавобрекчики риолитового состава; 4 - андезиты, андезито-базальты, андезито-дациты и их туфы; 5 - песчано-атерролитовые отложения фамена; 6 - лейкократовые граниты акчатауского комплекса; 7-9 - батхашский интрузивный комплекс: 7 - гранодиорит-порфиры поздней фазы, 8 - гранодиориты основной фазы, 9 - габбро-диориты первой фазы; 10 - дайки диоритовых (а) и диабазовых (б) порфиритов; 11 - эксплозивные брекчики; 12 - аргиоптизированные гранодиорит-порфиры с медным оруденением; 13 и 14 - вторичные кварциты 13 - андалузитовые, 14 - серицитовые, каолинит-серицитовые; 15 - тектонические нарушения; 16 - граница карьера.

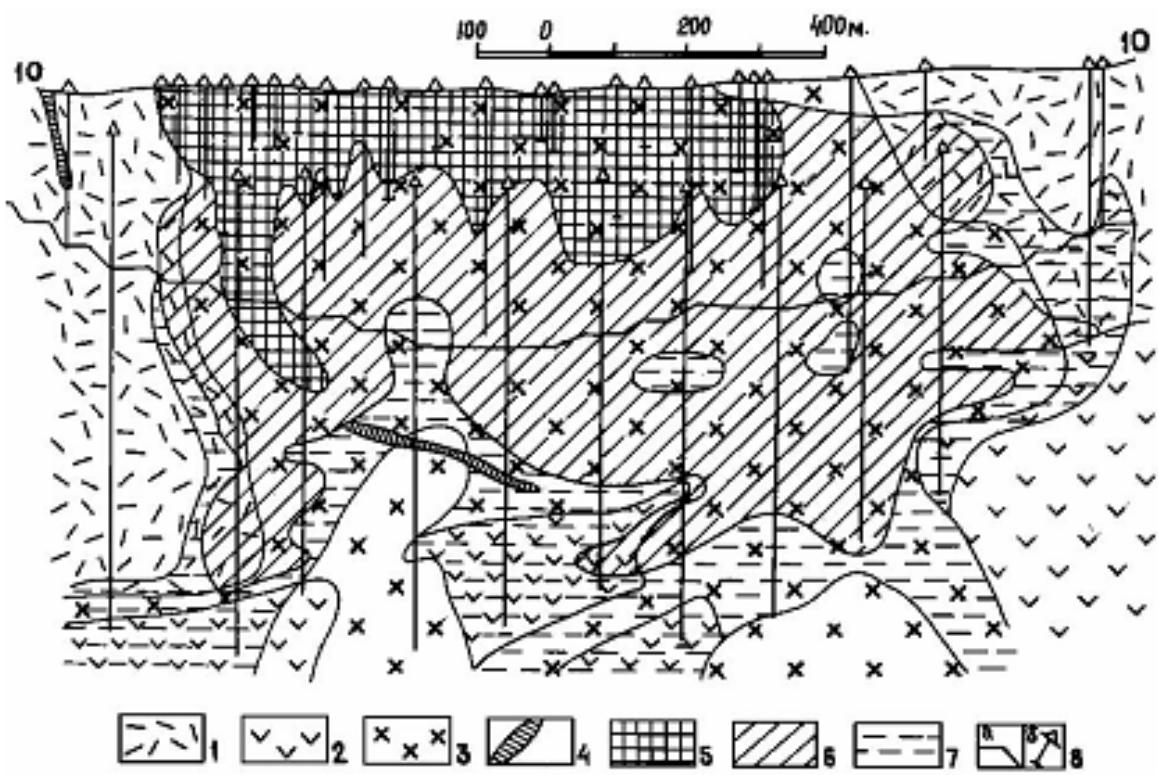
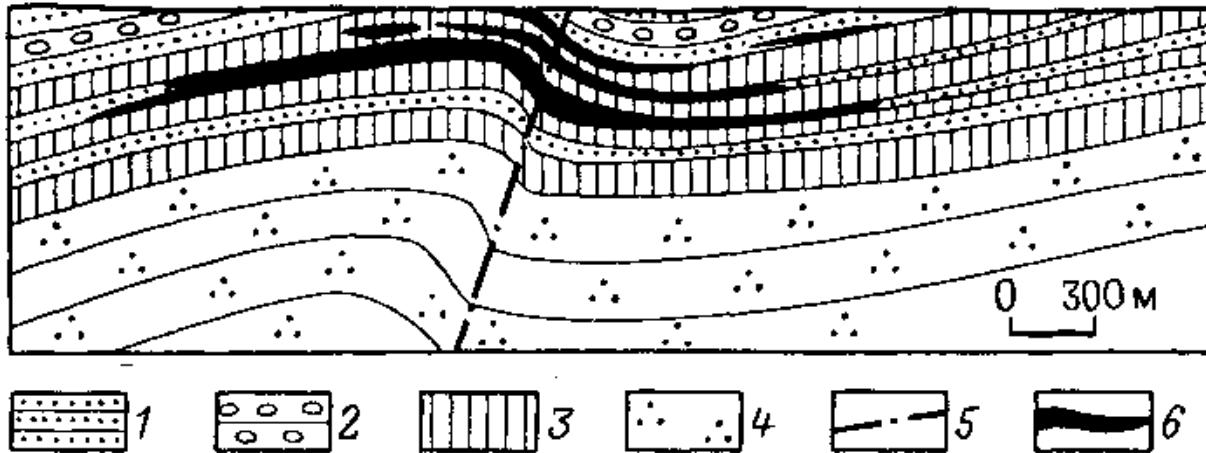


Рис. 27. Рудно-сийный штокверк месторождения Коурад. По М.К. Чехович.

1, 2 – каркарапинская свита: 1 – вторичные кварциты по кислым эфузивам; 2 – орговиковые андезитовые и диабазовые порфириты, их туфы, песчаники, алевролиты; 3 – аргиллизированные гранит-порфиры; 4 – дайки диоритовых порфиритов; 5 – зоны окисления и вторичного сульфидного обогащения; 6 – зона первичных руд с примесью минералов зоны вторичного сульфидного обогащения; 7 – первичные вкрапленные руды; 8 – контур карьера (а) и разведочные скважины (б).

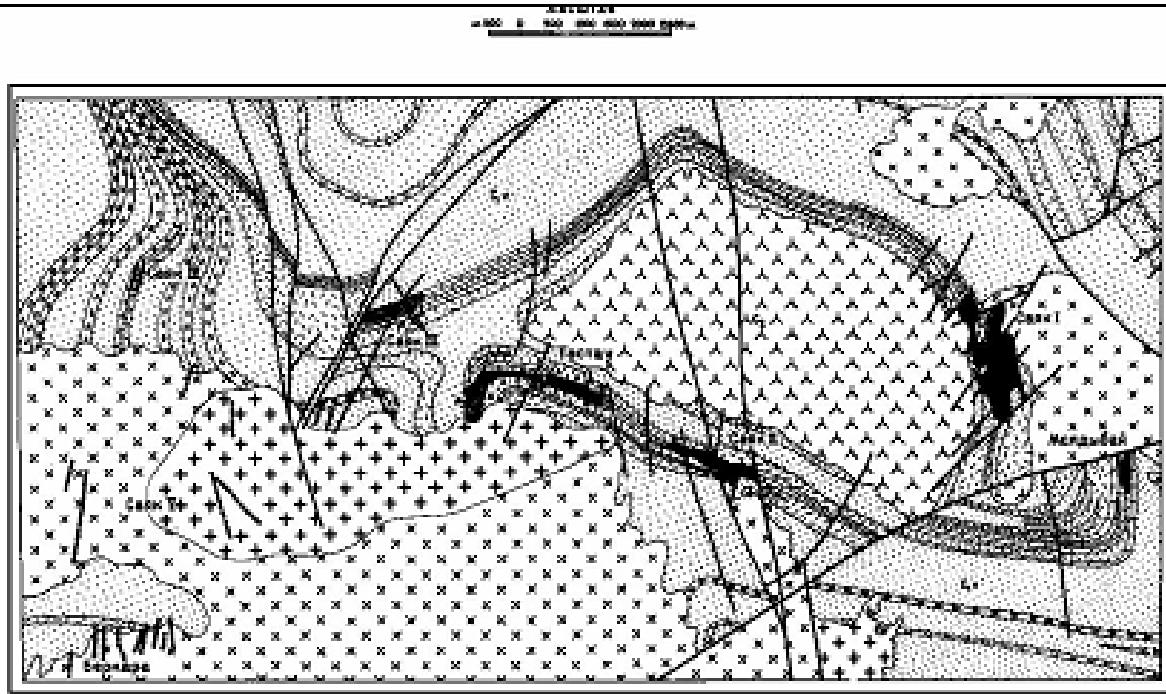
C3

ЮВ



### Схематический разрез Джезказганского месторождения:

1 – рудоносные слои серых песчаников; 2 – конгломераты; 3 – песчаники; 4 – известняки, мергели, песчаники; 5 – разрывные нарушения; 6 – рудные залежи



1  
2  
3

4  
5  
6

УГОЛНИКИ ОБОЗНАЧЕНИЯ

7  
8  
9  
10  
11  
12  
13

**Рис. 52. Саякское рудное поле.**  
По Г.П. Бурдукову.

1 – пироксен-роговообманковые порфириты и их туфы; 2 – алевропелитовые туфы с прослойками песчаников; 3 – известники, известковистые песчаники и мраморы; 4 – песчаники с подчиненными прослойками туфов; 5 – конгломераты; 6 – лавы кварцевых альбитофириров и олигоклазофириров; 7 – биотит-рогообманковые граниты; 8 – нерасчлененные гранодиориты, плагиограниты, трондьемиты и кварцевые диориты; 9 – дайки диоритовых порфиритов; 10 – кварцевые жилы с медным оруднением; 11 – минерализованные скарны; 12 – аксиинитизация; 13 – турмалиновые жилы.

Руднопромышленная геологическая схема месторождения Жезқазган (по Жезказган ГРЭ бойынша). Структуры первого ряда: А—Жанайская антиклиналь;

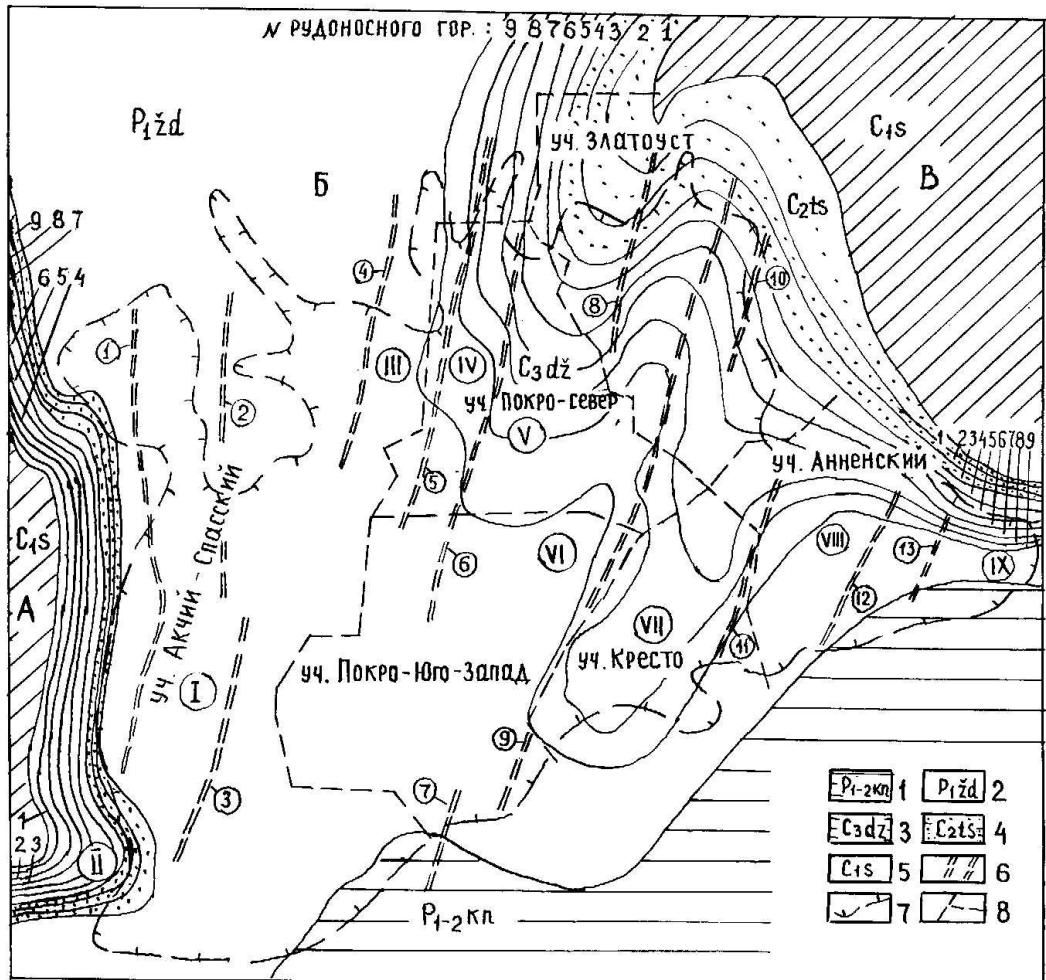
Б—Жезказганская синклиналь; В—Кенгирская антиклиналь.

Структуры второго ряда: I—Спасская мульда; II—Акшикий купол; III—второй блок-куб; IV—первый блок-куб; V—Покровский купол; VI—Златоустовская мульда; VII—Крестовый купол; VIII—Анненская мульда; IX—Анненский купол.

1—4 свиты: 1—кенгирская; 2—жиделисайская; 3—жезказганская; 4—таскудыкская; 5—серпуховские

образования; 6—флексура; 7—объединенный контур залежи руды.

Наименование флексур (цифры в кружочках): 1—первый прибортовой; 2—второй северный; 3—третий Акши-Спасский; 4—западный Петро; 5—второй Петро; 6—основной Петро; 7—первый южный; 8—Златоуст; 9—Кресто; 10—Раймунд; 11—Карпиен; 12—первый Анненский; 13—второй Анненск



# СВИНЕЦ И ЦИНК

*Геохимия и минералогия.* Кларк свинца 0,0016%, цинка – 0,01%.

Главные минералы свинца – галенит  $PbS$  (86,6%  $Pb$ ), джемсонит  $Pb_4FeSb_6S_{14}$  (40,2%), буланжерит  $Pb_5Sb_4S_{11}$  (55,4%), буронит  $CuPbSbS_3$  (42,6%). Основные минералы цинка – сфалерит и вюрцит  $ZnS$  (67%  $Zn$ ), смитсонит  $ZnCO_3$  (52%), каламин  $Zn_4[Si_2O_7](OH)_2H_2O$  (53,7%). Но в рудах главную роль играют галенит и сфалерит.

*Запасы и добыча.* Основные запасы свинца (несчитая страны СНГ) 177 млн т, цинка – 319 млн т, а определенные соответственно – 112 и 270 млн т. Запасы разведанного свинца (80%) и цинка (75%) сосредоточены в США, Австралии и Канаде. Также значительные запасы этих металлов есть в Мексике, ОАР, Иране, Испании и Перу. Годовое производство свинца в пределах 2,6 млн т, цинка – 5 млн т; Они в незначительных масштабах добываются в США, Австралии, Канаде, ОАР, Перу, Мексике и Швеции.

В странах СНГ запасы свинца и цинка сосредоточены в месторождениях Казахстана, Урала, Азии, Сибири, Дальнего Востока и Кавказа. Масштабы запасов месторождения бывают следующие: очень крупные (запасы  $> 2$  млн т), крупные (0,6–2), средние (0,2–0,6) и мелкие ( $< 0,2$  млн т).

- Цена свинца и цинка на мировой бирже в 2006 году была 1200 \$/т и выросло до 3500 \$/т, сейчас в пределах 2300 \$/т.

*Применение.* Свинец благодаря химической стойкости, ковкости, мягкости, большой плотности и низкой температуре плавления используется в производстве аккумуляторов (40 % объема выплавки), оболочек кабеля, баббитов, типографского сплава, защиты от радиоактивного излучения. Цинк, обладающий антикоррозионными свойствами, применяется для оцинкования различных изделий (40 %), получения латуни, бронзы, мельхиора, цинковых белил.

Кларк свинца 0,0016%, цинка 0,01%. Главные минералы свинца (содержание Pb, %):

галенит  $PbS$  (86,6);

буланжерит  $Pb_5Sb_4S_{11}$  (55,4);

джемсонит  $Pb_4FeSb_6S_{14}$  (40,2);

бурнонит  $CuPbSbS_3$  (42,6);

церуссит  $PbSO_4$  (77,5).

Основные минералы цинка (содержание Zn, %):

сфалерит и вюрцит  $ZnS$  (67);

смитсонит  $ZnCO_3$  (52);

каламин  $Zn_4[Si_2O_7](OH)_2 \cdot H_2O$  (53,7).

Ведущая роль в рудах принадлежит галениту и сфалериту.

*Типы руд и кондиции.* В промышленных месторождениях выделяют следующие типы руд: свинцовые, цинковые, свинцово-цинковые и полиметаллические (с медью, кадмием, германием, индием, галлием, кобальтом, никелем, висмутом, оловом, мышьяком, селеном, сурьмой). Главное промышленное значение имеют последние два типа руд. Минимальное промышленное содержание свинца в преимущественно свинцовых рудах 3 %, цинка в цинковых рудах 5 %. В свинцово-цинковых рудах содержание свинца должно быть не ниже 1 %, цинка 2 %. Для комплексных полиметаллических руд требования по содержанию главных компонентов еще более снижаются.

Цены на свинец и цинк на мировом рынке изменяются в пределах 2000–3000 \$/т.

Запасы свинца и цинка сосредоточены в многочисленных месторождениях Казахстана, Средней Азии, Сибири, Дальнего Востока и Кавказа. По запасам (млн.т) месторождения делят на весьма крупные ( $>2$ ), крупные (0,6–2), средние (0,2–0,6) и мелкие ( $<0,2$ ).



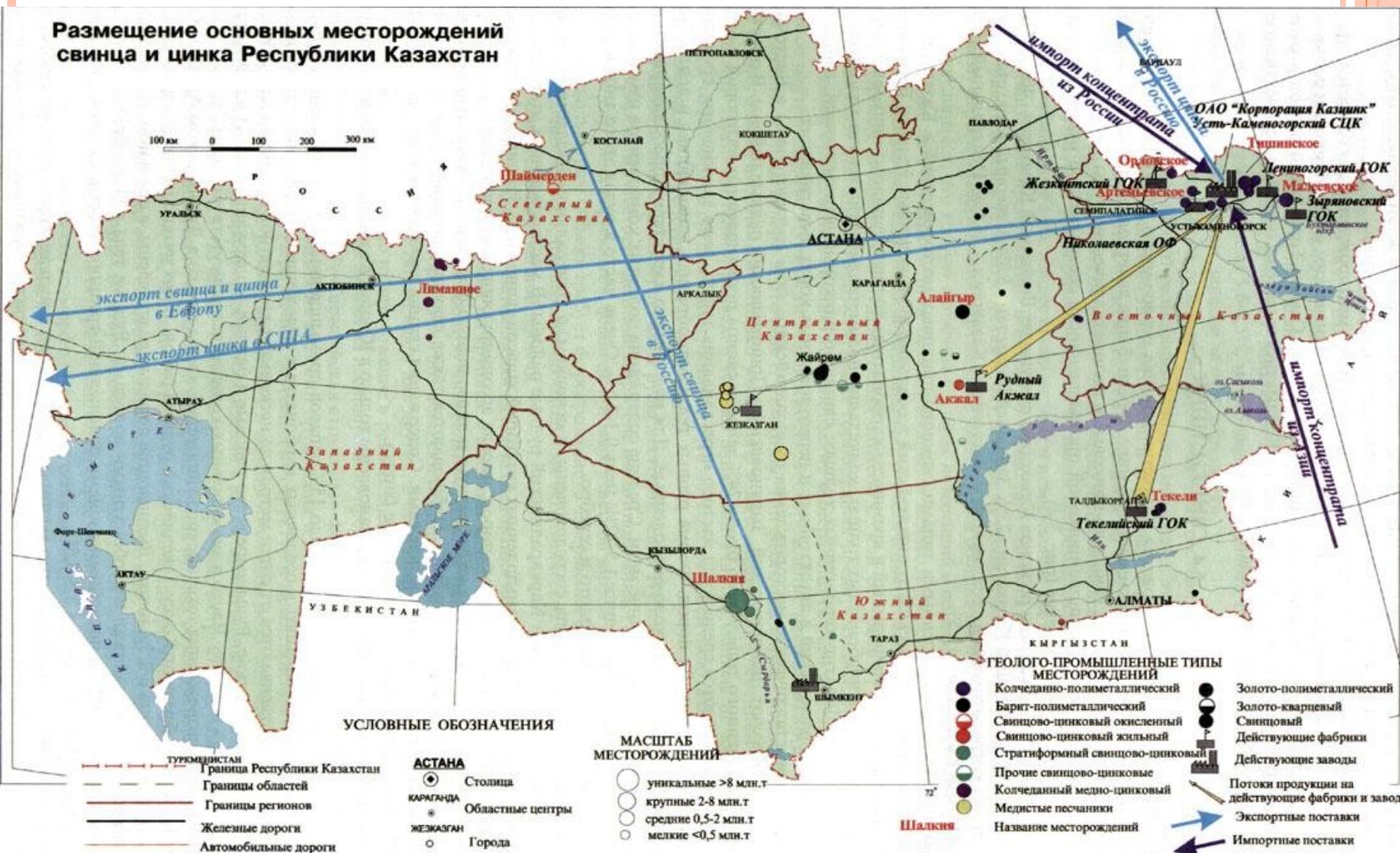
**Казахстан** по запасам свинца и цинка в мире занимают одно из первых мест. В Республике определено более 100 месторождений свинца и цинка. Из них 58 месторождений приняты на баланс. Из них 44 месторождения свинец и цинк расчитаны вместе.

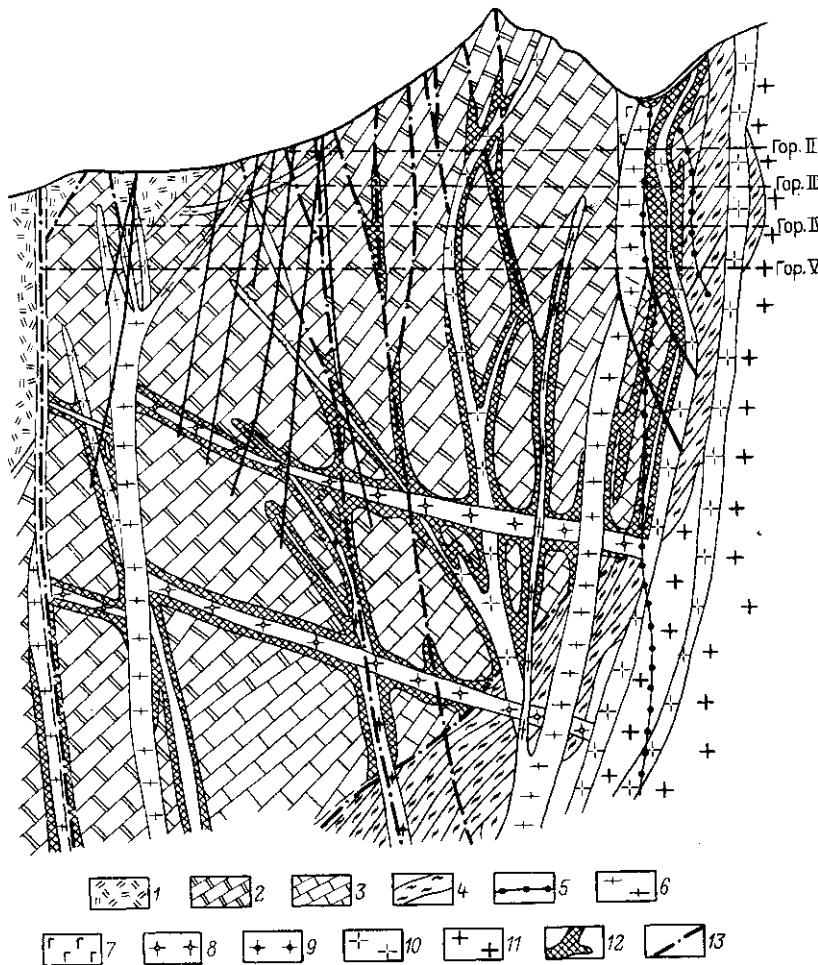
Значительная часть запасов (производства) свинца и меньшая часть цинка в Центральном Казахстане, запасы свинца и цинка сосредоточены в Восточном Казахстане – Восточный Казахстан (Рудный Алтай). По запасам свинца и цинка на третьем месте Южный Казахстан (Каратау).

Месторождения имеющие промышленное значение:

- а) *рудноалтайский колчеданно-полиметаллический тип* – Риддер-Сокольное, Тишинское, Новолениногорское, Зыряновское, Малеевское, Шоқпар, Грехов, Путинцев, Николаев, Иртышское, Белоусовское, Новоберезовское, Артемьевское;
- ә) *атасуйский стратиформный свинцово-цинковый и барит-свинцово-цинковый тип* – Жайрем, Карагайлы, Ақжал, Узынжалское, Бестобинское, Ушкатын, Алайгырское;
- б) *миргалимсайский (каратуский) стратиформный свинцово-цинковый тип* - Миргалимсай, Шалкия, Талап;
- в) *текелинский колчеданный свинцово-цинковый тип* – Текели, Западный Текели, Яблоневский, Большой Осек и т.д.
- К новому типу богатых окисленных цинковых руд относится *карстовое месторождение Шаймерден*.

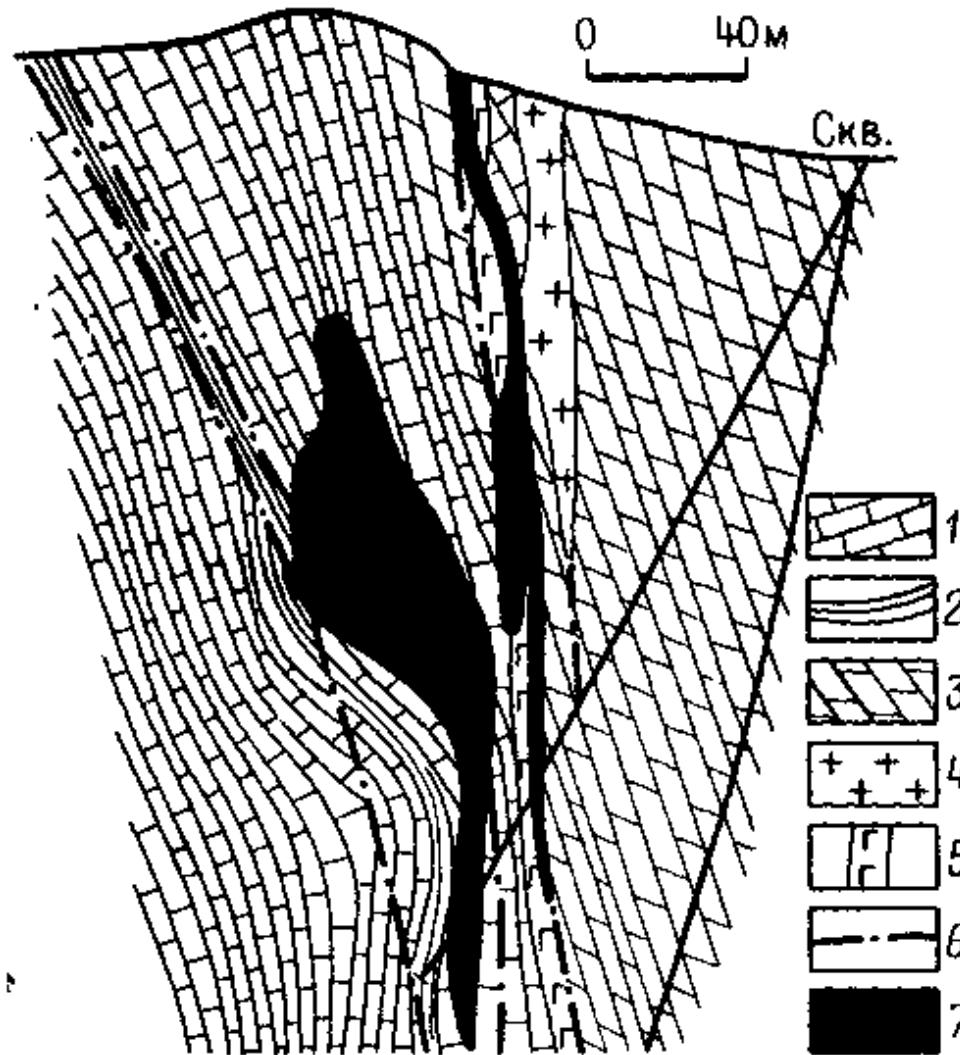
## Размещение основных месторождений свинца и цинка Республики Казахстан





## Геологический разрез скарнового галенит-сфалеритового месторождения Алтын-Топкан :

1 – лавы андезитовых порфириев; 2 – известняки; 3 – известняки и доломиты; 4 – метаморфизованные терригенные отложения; 5 – диабазовые порфирии; 6 – кварцевые порфирии; 7 – гранат-порфиры, 8–10 – гранодиорит-порфиры, 11 – гранодиориты; 12 – скарново-рудные тела; 13 – тектонические нарушения



Схематический разрез полиметаллического месторождения

1–3 – палеозойские породы (1 – известняки, 2 – сланцы, 3 – доломиты); 4–5 – мезозойские интрузивные породы (4 – гранит-порфиры, 5 – спессартиты); 6 – разрывные нарушения; 7 – рудные тела

# ЗОЛОТО И СЕРЕБРО

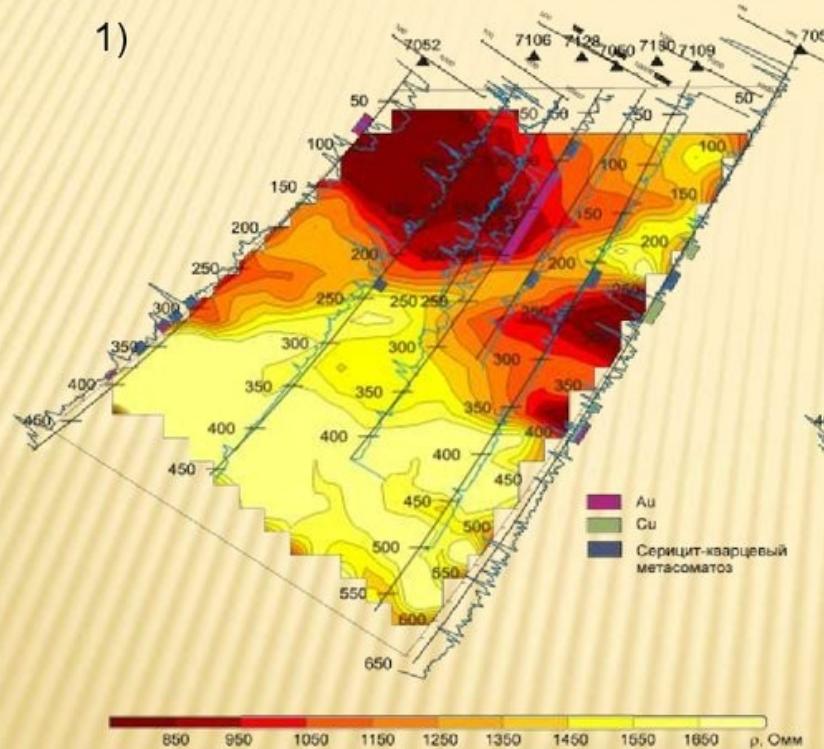
*Геохимия и минералогия.* Несмотря на то что кларк золота очень низкий ( $4,3 \cdot 10^{-7} \%$ ), этот металл в природе очень распространен. Его высокие концентрации характерны гранитам и диабазам. Золото есть в водах мирового океана, его объемы очень низкие, но поставлены на путь промышленного освоения. В природе известно 15 минералов содержащих золото. Основное промышленное значение имеют самородное золото и его теллуриды. В самородном золоте есть соединения серебра, меди, железа, висмута, свинца и сурьмы. Качество золота оценивается в пробности (пробность – 1000, количество золота в единичной массе). Высоккачественная природная пробность выше 900, а низкокачественном – до 700. В старинах СНГ для золотых изделий как стандарт приняты пробности 375, 500, 583 (585), 750, 958.

Известно около 60 –ти серебродержащих минералов. Основными из них являются самородное серебро Ag (в составе соединения золота, меди, висмута, сурьмы, ртути), аргентит  $\text{AgS}$ , пирагириит  $\text{Ag}_3\text{SbS}_3$  и прустит  $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$ .

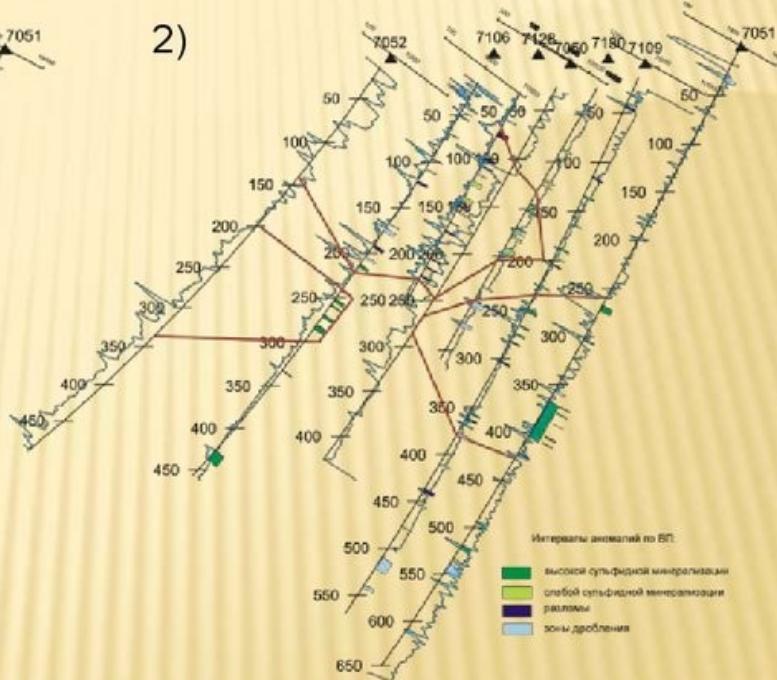
*Применение.* Основная часть добываемого золота хранится в виде слитков и монет в фондах государств, составляя так называемый «золотой запас», который служит обеспечением и валютой при международных платежах и расчетах. Размер золотого запаса зарубежных стран достиг 40 тыс. т. Остальная часть добываемого золота применяется в изготовлении ювелирных изделий (50 %), в электронной технике, химической промышленности, производстве фарфоровых изделий (35 %), медицине (10 %). В последние годы золото широко используется в новой технике в качестве сварочного материала, для изготовления термопар, волосков хронометров и гальванометров, для покрытия поверхности космических аппаратов (для отражения тепла и света).

# Золоторудное с медью и молибденом месторождение. Восточный Казахстан

1)



2)



Сопоставление РВГИ с данными электрокаротажа в заверочных скважинах. 1) Геоэлектрический разрез РВГИ между скв. 7052 – 7051, расстояние 360 м. частота 156 кГц, антенны 5 м. Ячейка 12x18 м; 2) Диаграммы каротажа КС заверочных скважин с контурами областей низкого сопротивления

*Типы руд и кондиции.* Золото присутствует в рассеянном виде и в виде зернообразных и неправильной формы выделений в жильном кварце или сульфидных минералах – пирите, арсенопирите, халькопирите, блеклых рудах, галените, сфалерите. Соответственно выделяют золото-кварцевые и золото-сульфидные руды коренных месторождений. В россыпях золото наблюдается в самородном виде и отличается относительно высокой пробностью. Кондиционными являются руды коренных месторождений при содержании золота не менее 3 г/т и россыпи с содержанием металла не менее 0,1 г/т (для дражной разработки).

Цена золота на мировом рынке меняется в пределах 30-45 \$/г или 1 тройская унция (31,1035 г) \$950–1400.

Среди стран бывшего СССР самыми крупными запасами золота могут похвастаться Россия, накопившая 1744,1 тонны этого драгоценного металла и закрепившаяся на 7-й строчке рейтинга, а также Казахстан, владеющий 286 тоннами золота и обосновавшийся на 19-й позиции.

Государствами-лидерами, обладающими наибольшими запасами золота, оказались США — 8133,5 тонны, Германия — 3378,2 тонны, Италия — 2451,8 тонны, Франция — 2435,8 тонны, Китай — 1833,5 тонны, уже упомянутая выше Россия и Швейцария — 1744 тонны.

По данным В.И.Соболевского в истории человечества найдено 25-30 крупных самородков массой свыше 10 кг. Единичные массы самородков доходят до 36,2 кг (“Большой треугольник”, СНГ) 285 кг (“Доска Холтермана”, Австралия).

*Запасы и добыча.* Разведанные запасы высококачественного золота зарубежом составляет 31 тыс. тонн. Его 75% относятся к ОАР. Основные запасы золота составляет 60 тыс.тонн.

- Разведанные запасы золота коренных месторождений составляет 100 т, а в россыпях оценивается в – 50 т. Для крупных месторождений – 50–100 и 25–50 т, средних месторождений – 10–50 и 1–25 т, для мелких месторождений до 10 тонн, для россыпных месторождений – до 1 т. **По запасам считаются уникальными запасы золота месторождения Витватерсранд (ЮАР) 32,5 тыс тонн.**
- Производство золота сосредоточено в около 50 странах, объемы их растут с 1985 году оно выросло до 1140 тонн. 60% его объема относится к ЮАР; 7,5% – Канаде; 6,9% – США; 5,5% – Бразилии; 5% – Австралии. Страны производящие значительные количества золота Филиппины, Зимбабве, Гана, Колумбия, Мексика (в год 10–20 т).

В странах СНГ золото добывается на месторождениях Республики Саха, Забайкалья, Казахстана, Узбекистана, Кыргызстана, Урала.

На мировой бирже цена золота 40-42 \$/г или 1 унция (31,1035 г) \$1250–1350.

Разведанные запасы серебра в крупных месторождениях превышает 1 тыс т, средних месторождений – 100 т–1 тыс т, мелкие месторождения – до 100 т. Годовая добыча (без стран СНГ) 7400 т, оно добывается в 45 странах. Около 70% его извлекаются при обработке руд цветных металлов.

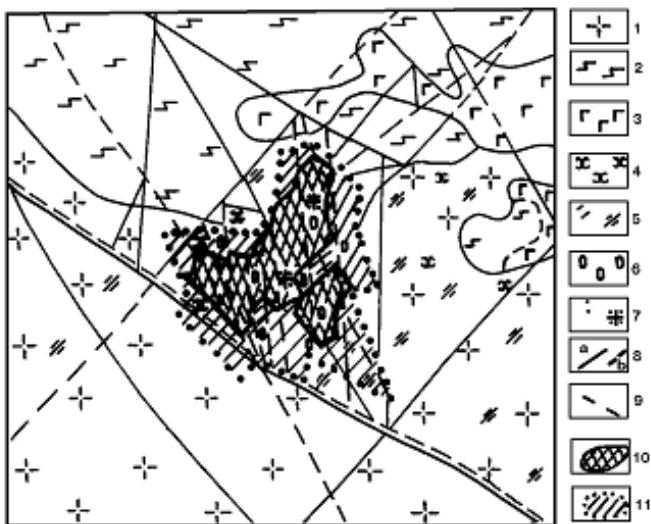
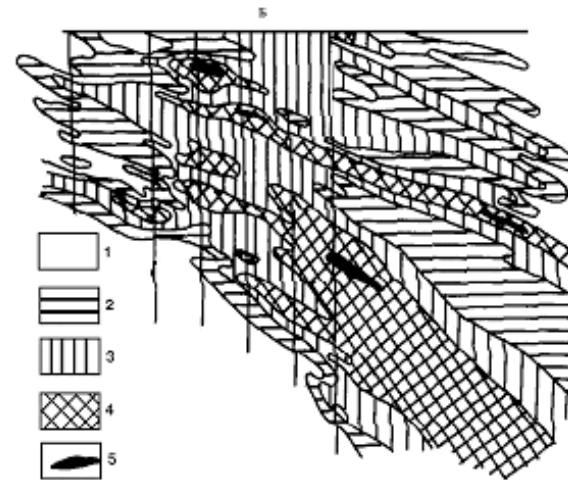
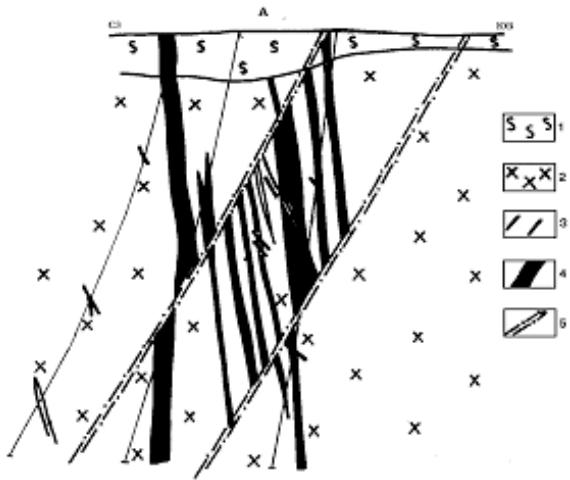
- Мировая цена на серебро составляет около 0,5–0,7 \$/г и постоянно меняются.

## Локализация месторождения Витватерсrand в ЮАР



Кусок золотоносной руды, добытой на  
месторождении

- **Казахстан по подтвержденным запасам золота** входит в первую десятку стран мира, а по добыче – в третью десятку. Балансом учтены запасы по 196 месторождениям (126 коренных, 47 комплексных, 23 россыпных). Доля запасов комплексных золотосодержащих месторождений составляет 35,1%, россыпных – 0,5%. Ученные запасы собственно золотых месторождений равны 65%, причем более 40% заключено в пяти месторождениях – *Васильковское, Бакырчик, Жолымбет, Бестобе и Акбакай*. Разрабатывается около 30% месторождений, стоящих на балансе. Золото добывается как из собственно золоторудных (61%), так и из комплексных месторождений (39%).
- Одним из основных источников золота в Казахстане являются колчеданно-полиметаллические руды месторождений Рудного Алтая: *Риддер-Сокольное, Тишинское, Малеевское, Греховское*. Золото содержится в рудах медно-порфировых месторождений *Бозшаколь, Самарское, Актогай, Айдарлы*; медно-колчеданных *Приорское, Аралчинское, Лиманное*; колчеданно-полиметаллических *Абыз, Майкаин, Мизек, Космурун, Акбастау* и др; скарново-медных *Саякская группа*. Десятки коренных и россыпных месторождений золота находятся в консервации (*Бакырчик, Жетыгара, Жаркулак, Секисовское, Акжал, Балажал, Олимпийское, Кенгир, Миляы, Кулуджунское* и др.) или недоразведаны (*Орловское, Прогресс, Сувенир, Алтынсай, Бактай, Далабай, Гагаринское, Чокпарское, Кепкен, Восток V, Комаровское I, Ханчингиз* и др.).



### Рис.3. МЕСТОРОЖДЕНИЕ ВАСИЛЬКОВСКОЕ.

Распределение золота в рудных зонах месторождения и проекции на вертикальную плоскость (Б).

**Карта:** 1 - порфиробластовые гранодиориты, с неигранодиориты; 2 - кварцевые диориты, диориты; 3 - габбро, роговообманковое габбро; 4-7 - гидротермальные изменения 4 - хлоритизация, 5 - серпентитизация, 6 - о кварцевание; 7 - калишпатизация, 8 - разрывные нарушения: установленные (а), предполагаемые (б); 9 - зоны рассланцевания и дробления; 10 - контур золоторудного штокверка; 11 - контур сульфидной минерализации.

**Разрезы:** А. 1 - кора выветривания; 2 - порфиробластовые гранодиориты, лейкогаббро, диориты, микродиориты; 3 - золотоносные кварцевые прожилки; 4 - зоны рудных прожилков; 5 - разрывные нарушения. Б. 1-5 - густота штриховки соответствует интенсивности оруденения.

Казахстан по производству серебра среди стран СНГ и Азии занимает первое место. Количество произведенного серебра составляет: 1990 г. – 700 т, 1994 г. – 550 т. Оно извлекается при комплексном извлечении из руд серебросодержащих месторождений меди, колчеданных полиметаллических, свинцово-цинковых и золото-серебрянных в качестве попутного металла. Основные месторождения в Казахстане где сосредоточены основные запасы серебра, %: *рудноалтайские колчеданно-медные* месторождения (*Малеевское, Орловское, Тишинское* и т.д.) – 39,5; *свинцово-цинковые* месторождения Центрального и Южного Казахстана (*Жайрем, Миргалимское* и т.д.) – 28,5; медные руды Жезказганского района (*Жезказган, Жаман Айбат* и т.д.) – 23,9; медно-порфировые месторождения Центрального Казахстана (*Ақтогайское, Бозшакөльское* и т.д.) – 5,6; золото-серебряные месторождения Центрального и Южного Казахстана (*Таскора, Архарлы* и т.д.) – 2,5. В последние годы в Торгайском Соколовском рудном районе открыто мелкое месторождение свободного серебра *Павловское*.



## Размещение основных месторождений золота Республики Казахстан



# УРАН

- *Геохимия и минералогия.* Среднее количество урана в земной коре  $2,5 \cdot 10^{-4}$  %. Его количество растет от ультраосновных, основных к кислым горным породам. Коэффициент концентрации урана в рудах среднего состава 0,1%, около 400. Урансодержащих минералов около 100 минералов. Среди них промышленного типа минерал уранинит (настуртан, урановая смолка)  $\text{UO}_2$  (92 % U) и его аморфная разновидность – урановая чернь (60% U). Все минералы уран радиоактивны, поэтому это его качество применяется при поиско-разведочных работах, при добыче и извлечении руды. Урановые минералы легко растворяются в слабоконцентрированных и щелочах. На этом его качестве основано применение подземного выщелачивания и гидрометаллургического методов обогащения.
- *Запасы и добыча.* Запасы урана подчтываются на различных ступенях по себестоимости готового продукта. Зарубежом себестоимость 80 долл/кг (0,1–0,2%  $\text{U}_3\text{O}_8$ ), если разведанные запасы урана составляют 1,9 млн тонн, а если себестоимость составит 130 долл/кг (0,08–0,1%  $\text{U}_3\text{O}_8$ ) – то 2,5 млн тонны. Основные запасы урана составляют свыше 5 млн тонн. Основные ресурсы его сосредоточены в странах – США, Австралии, Канаде, ОАР, Намибии, Нигерии, Франции, Испании, Португалии. Зарубежом  $\text{U}_3\text{O}_8$  востребованность 85–100 тыс т, а добываемые около 42 тыс т. Его около 200 тыс тонн хранятся в хранилищах добывающих странах, основные страны – США, Канада, ОАР. Цена 1 кг  $\text{U}_3\text{O}_8$  сырья 40 долларов.



*Типы руд и кондиции.* Основное промышленное значение имеют оксидные руды, меньшее – руды, состоящие из ванадатов (карнотит, тюямуниит), фосфатов (торбернит, отенит) и арсенатов (цейнерит) урана. Минимальное содержание  $U_3O_8$  в рядовых месторождениях 0,1 %, а в месторождениях с крупными запасами – 0,05 % и меньше.

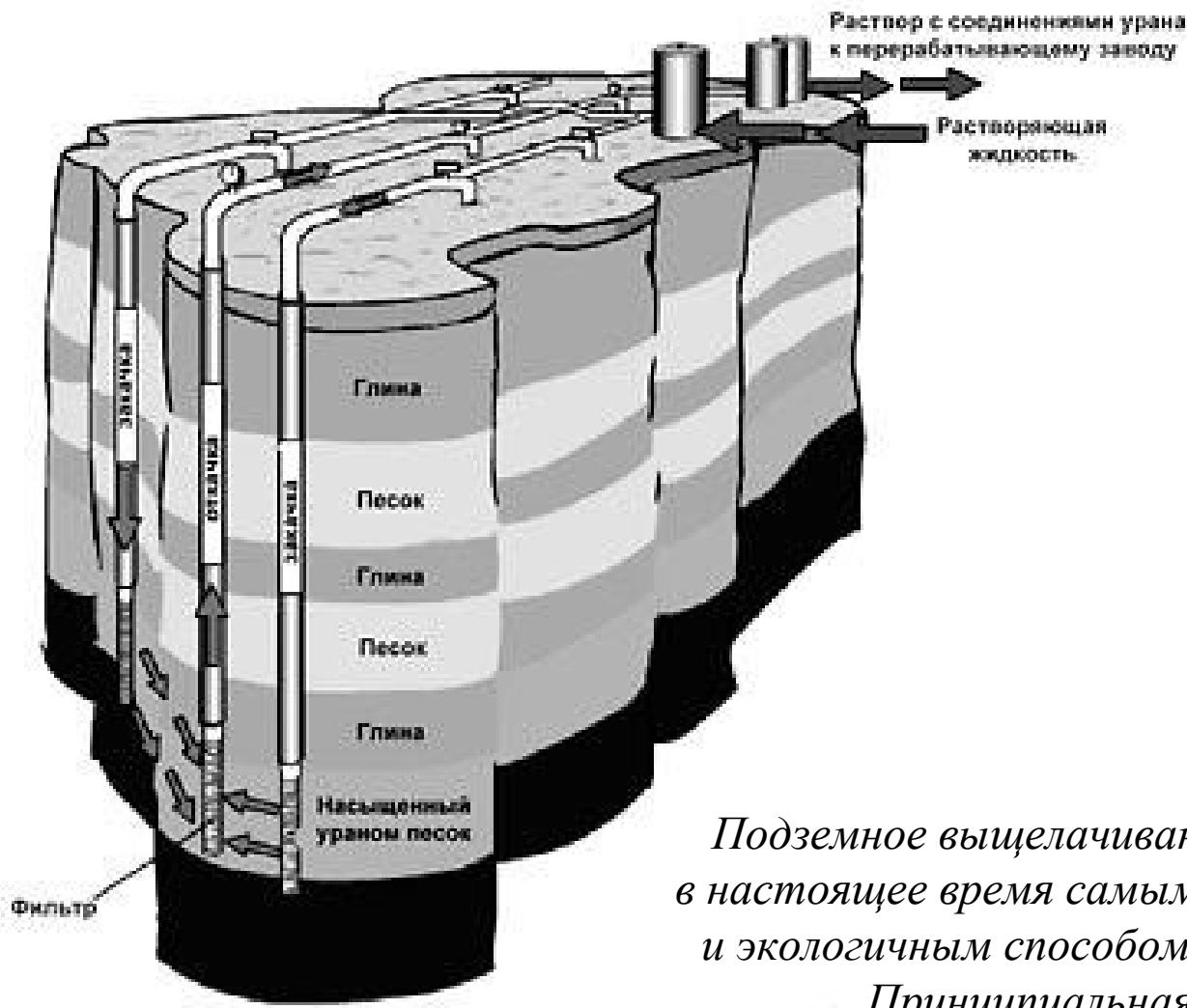
В **Казахстане** общие ресурсы урана оцениваются в 1,5 млн т. Среди них разведенне запасы составляют 470 тыс т, этот показатель выводит республику на одно из первых мест в мире.

Минерально-сырьевая база *Казахстана* составляет около 25% мировых запасов урана. Основа урановой базы – экзогенные месторождения, а среди них пластово-инфилтратационные гидрогенные. Крупнейшими являются Шу-Сарысусская и Сырдарьинская ураноносные провинции в Южном Казахстане (рис. ), особенно первая. Здесь сосредоточено более 20 урановых месторождений, в том числе наиболее крупные *Инкай, Буденновское, Мынкудук, Уанас, Торткудук, Мойнкум, Канжуган*, и др. Первые три месторождения относятся к уникальным. В Сырдарьинской провинции уникальными являются *Харасан*, крупными *Северный* и *Южный Карамурун, Ир科尔, Заречное*. Крупные органогенно-фосфатные урановые месторождения (*Меловое, Томак, Тайбагар, Тасмурун*) расположены на полуострове Мангистау (Мангистауская-Прикаспийская урановорудная провинция).



## **Геологическая разведка**

Казахстан является второй страной в мире по объему запасов и ресурсов урана. По данным МАГАТЭ запасы и ресурсы урана в Казахстане в настоящее время составляют около 1,7 млн. тонн, или около 12% от общего объема мировых запасов и ресурсов урана.



*Подземное выщелачивание считается в настоящее время самым прогрессивным и экологичным способом добычи урана.*

*Принципиальная схема*

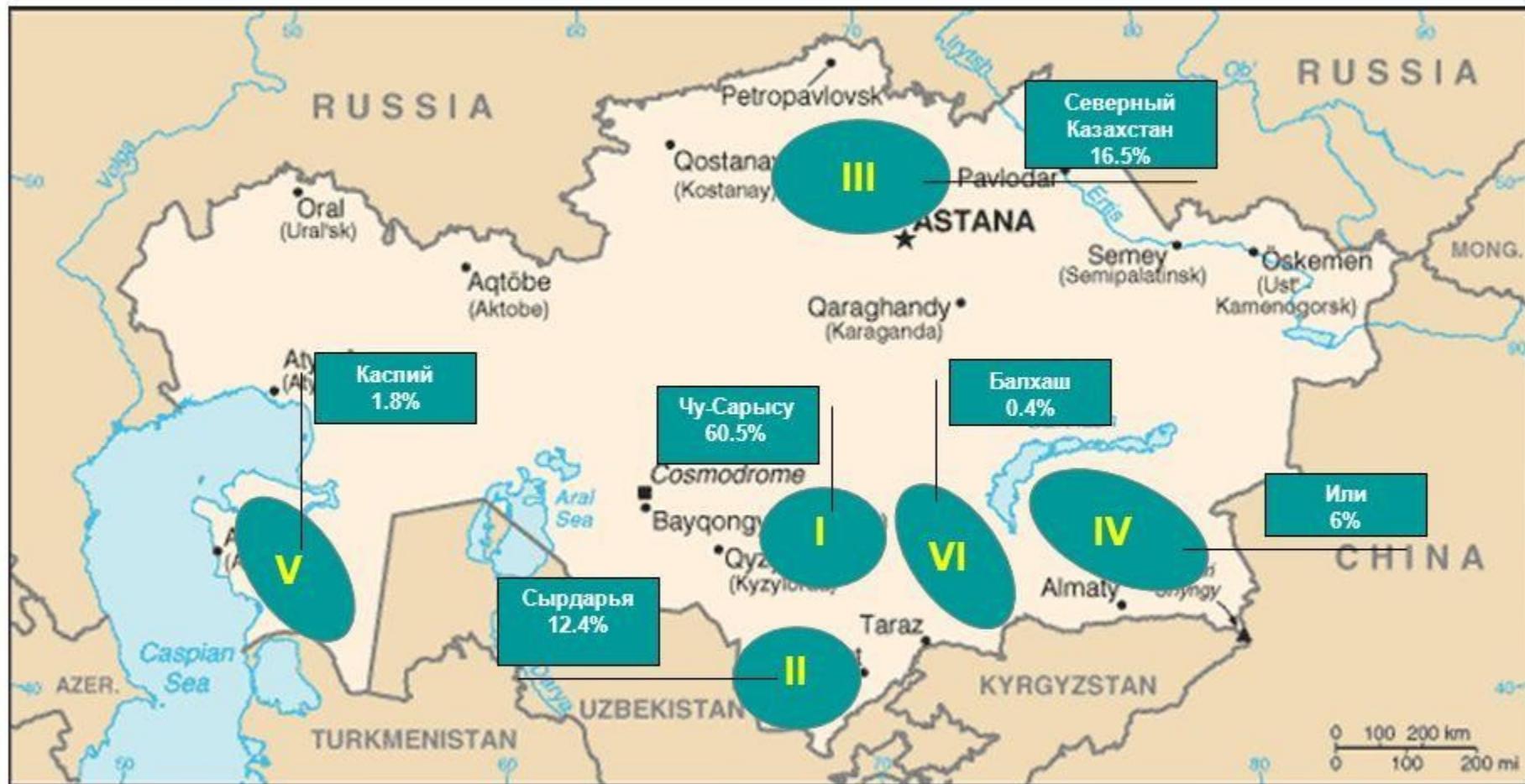


При технологии подземного выщелачивания урановых руд, считающейся передовой, природные соединения урана избирательно растворяются прямо в руде закачиваемым в пласт специальным химическим реагентом. Затем этот раствор выводят на поверхность и дальше пускают в обработку.

При подземном выщелачивании месторождение руды вскрывается системой скважин, располагаемых в плане рядами, многоугольниками, кольцами. В скважины подают растворитель, который, фильтруясь по пласту, выщелачивает полезные компоненты. Раствор, насыщенный соединениями урана, откачивается на поверхность через другие скважины. В случае монолитных непроницаемых рудных тел залежь вскрывают подземными горными выработками, отдельные рудные блоки дробят с помощью буровзрывных работ. Затем на верхнем горизонте массив орошают растворителем, который, стекая вниз, растворяет полезное ископаемое. На нижнем горизонте растворы собирают и перекачивают на поверхность для переработки.

Урановые руды разрабатываются методом подземного выщелачивания с 1957 г. Особенno распространена эта технология в США, Казахстане<sup>1</sup> и Узбекистане, где таким способом добывается вся руда.

# Урановые запасы в РК



## Урановые провинции



Схематическая карта Шу-Сарысуйской урановой провинции (Волков геология, 2002)

*Применение.* Уран является основным сырьем для производства атомной энергии, используется также в аналитической химии, фотографии, стекольной промышленности.

К крупным относятся месторождения с запасами  $U_3O_8$  свыше 10 тыс. т, к средним – от 1 до 10, к мелким – менее 1. В зарубежных странах производится около 42 тыс. т  $U_3O_8$  при потребности 85–100 тыс. т. Около 200 тыс. т  $U_3O_8$  накоплено на складах стран-производителей: США, Канада, ЮАР и др.

Цена (2007 г.) 1 кг  $U_3O_8$  в сырье – 240 дол.

Среднее содержание урана в земной коре  $2,5 \cdot 10^{-4} \%$ . Известно около 100 минералов, содержащих уран. Основное промышленное значение имеют уранинит (настуртан, урановая смолка)  $UO_2$  (92%) и аморфная разновидность – урановая чернь (до 60 %). Все минералы урана являются радиоактивными. Минералы урана легко растворяются в разбавленных кислотах и щелочах.

*Типы руд и кондиции.* Основное промышленное значение имеют оксидные руды, меньшее – руды, состоящие из ванадатов (карнотит, тюямунит), фосфатов (торбернит, отенит) и арсенатов (цейнерит) урана. Минимальное содержание  $U_3O_5$  в рядовых месторождениях 0,1 %, а в месторождениях с крупными запасами – 0,05 % и меньше.

Минерально-сырьевая база *Казахстана* составляет около 25% мировых запасов урана. Основа урановой базы – экзогенные месторождения, а среди них пластово-инфилtrационные гидрогенные. Крупнейшими являются Шу-Сарысуская и Сырдарьинская ураноносные провинции в Южном Казахстане (рис. 12.19), особенно первая. Здесь сосредоточено более 20 урановых месторождений, в том числе наиболее крупные *Инкай*, *Буденновское*, *Мынкудук*, *Уанас*, *Торткудук*, *Моинкум*, *Канжуган*, и др. Первые три месторождения относятся к уникальным. В Сырдарьинской провинции уникальными являются *Харасан*, крупными *Северный* и *Южный Карамурун*, *Ир科尔*, *Заречное*. Крупные органогенно-фосфатные урановые месторождения (*Меловое*, *Томак*, *Тайбагар*, *Тасмурун*) расположены на полуострове Мангистау (Мангистауская-Прикаспийская урановорудная провинция).

Общие ресурсы урана в Казахстане оцениваются в 1,5 млн т. Из них разведанные запасы составляют 470 тыс.т, что выводит республику на одно из первых мест в мире по этому показателю.