

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Быков И.Н., Коваль И.К.

ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
учебное пособие к лабораторным занятиям по специальности 011100

Воронеж
2003

Утверждено научно-методическим советом геологического факультета
протокол № 3 от 21 ноября 2002г.

Авторы: Быков И.Н., Коваль И.К.

Учебное пособие подготовлено на кафедре полезных ископаемых и недропользования геологического факультета Воронежского государственного университета.

Рекомендуется для студентов 3 - 4 курсов геологического факультета дневного и заочного отделений.

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее пособие составлено для студентов всех специальностей геологического факультета, изучающих промышленные типы месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых. В процессе подготовки высококвалифицированных специалистов по геологической съемке, поискам и разведке месторождений полезных ископаемых большая роль принадлежит совершенствованию методик проведения лабораторных занятий, которые способствуют приобретению студентами навыков самостоятельной работы, глубоких профессиональных знаний, развитию творческого подхода при овладении этими знаниями.

Геология месторождений полезных ископаемых - одна из важнейших фундаментальных дисциплин, поэтому приобретение на лабораторных занятиях знаний и опыта по определению генетических типов месторождений, их формационной принадлежности является важной задачей их профессиональной подготовки.

Под промышленным месторождением принято понимать участки земной коры, в которых в результате геологических процессов произошло накопление минерального вещества, отвечающего современным требованиям промышленности по качеству и количеству, технологическим свойствам руды, условиям залегания рудных тел и рентабельное для разработки. К месторождениям рудных или металлических полезных ископаемых относятся такие виды минерального сырья, которые перерабатываются с целью извлечения металлов. Они являются объектами переработки черной и цветной металлургии. К нерудным или неметаллическим относятся полезные ископаемые, которые используются как техническое, химическое, агрономическое или строительное сырье.

Каждый промышленный тип месторождения имеет свои специфические особенности: состав и типы руд, форму, размеры и условия залегания рудных тел, вмещающие породы и их околорудные изменения, возраст оруденения, структура рудного поля и др. Эти особенности могут быть наиболее прочно усвоены только при изучении конкретных примеров генетических типов по известным месторождениям.

На территории Земли выявлено более 40 тысяч месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых. Описать и изучить даже малую их часть невозможно. Поэтому приводятся наиболее представительные примеры месторождений России и зарубежных стран. При этом предпочтение отдается наиболее полно изученным и представляющим наибольший промышленный интерес месторождениям. Среди них есть разрабатываемые месторождения, недавно выявленные и даже в значительной степени отработанные. Каждое из приведенных в учебном пособии эталонных месторождений можно рассматривать как методический пример изучения подобных месторождений.

На лабораторных занятиях студенты детально знакомятся с типами (рудными формациями) месторождений. Освоению материала предшест-

вует показ слайдов изучаемых месторождений и характеристика их преподавателем. Студенты пользуются методическими указаниями, эталонными коллекциями руд и вмещающих пород, каталогами, картами, схемами, разрезами. В рабочей тетради студент должен дать подробную характеристику всех рекомендованных программой и учебным пособием месторождений каждого полезного ископаемого в следующей последовательности:

1. Наименование месторождения, генетический тип, формация.
2. Вмещающие породы, их возраст.
3. Околорудные изменения вмещающих пород, зональность изменений, их распространенность.
4. Формы и условия залегания рудных тел, их внутреннее строение, размеры.
5. Промышленные типы руд, их текстурно-структурные особенности.
6. Минеральный состав руд, рудные и жильные минералы. Качество руд: содержание главных и сопутствующих полезных компонентов, наличие вредных примесей.
7. Особенности генезиса.
8. Промышленное значение данного типа месторождений.

Изучаемые студентами эталонные типы месторождений представляют надежную основу для освоения курсов “Прогнозирование полезных ископаемых”, “Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых” и других дисциплин геолого-экономического содержания (“Экономика минерального сырья”, “Геолого-экономическая оценка минеральных ресурсов”).

Учебное пособие к лабораторным занятиям по курсу «Геология месторождений полезных ископаемых» состоит из двух больших разделов: месторождения металлических полезных ископаемых и неметаллических полезных ископаемых.

I. МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Месторождения металлических полезных ископаемых характеризуются в последовательности, соответствующей промышленной классификации металлов.

1. Черные металлы: Fe, Ti, Mn, Cr.
2. Легирующие металлы, применяющиеся, главным образом, в черной металлургии как легирующие добавки к чугунам и сталям, а также в производстве специальных сплавов: V, Ni, Co, W, Mo.
3. Цветные металлы: Cu, Pb, Zn, Al, Mg.
4. Малые металлы, применяющиеся, главным образом, в цветной металлургии: Sn, Sb, Hg, As, Bi.
5. Благородные металлы: Au, Ag, металлы платиновой группы.

По каждому из характеризуемых металлов приводится классификация промышленных типов месторождений с указанием наиболее важных в промышленном отношении и тех конкретных примеров, которые необходимо изучить.

ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ

ЖЕЛЕЗО

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения:

собственномагматические (позднемагматические), титаномагнетитовая формация;

карбонатитовые;

скарновые, формация железорудных скарнов;

гидротермальные (вулканогенно-гидротермальные).

Экзогенные месторождения:

месторождения выветривания, формация железистых латеритов;

осадочные (хемогенно-осадочные).

Метаморфогенные месторождения:

осадочно-метаморфизованные, формация железисто-кремнистая.

Наиболее важными источниками получения железных руд являются месторождения осадочные и осадочно-метаморфизованные, которые представлены месторождениями Керченским и Яковлевским (Курская магнитная аномалия).

КЕРЧЕНСКИЙ ЖЕЛЕЗОРУДНЫЙ БАССЕЙН

Месторождение осадочное морское, формация гетит-сидерит-лептохлоритовая

Месторождения расположены на восточной и северной окраине Керченского полуострова, представляют одно из крупных в мире осадочных скоплений железной руды.

Район сложен неогеновыми отложениями, смятыми в пологие складки широтного и северо-широтного направлений. Месторождения приурочены к мульдам, являющимся остатками эродированных пологих брахисинклиналей. Наиболее крупными рудоносными мульдами являются Кыз-Аульская, Эльтиген-Ортельская, Камыш-Бурунская (рис.1).

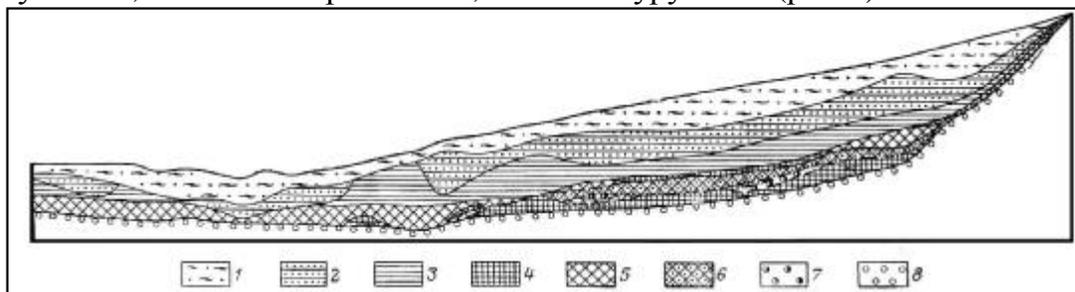


Рис.1. Поперечный геологический разрез Камыш-Бурунской мульды (по Ю.Юрку, Ю.Лебедеву и О.Кириченко): 1 – известковые суглинки; 2 – глины песчанистые; 3 – глины; 4-6 – железные руды (4 – “табачные”, 5 – “коричневые”, 6 – “икряные”); 7 – глины песчанистые, пески глинистые с обилием створок раковин; 8 – ракушечники глинистые в кровле сидеритизированные.

Разрез отложений, слагающих мульды, включает ряд пластов различных глин, переслаивающихся с песками, а в нижней части и с известняками. Ближе к нижней части разреза залегает рудный пласт среднекеммерийского возраста, который в центральных частях мульд лежит горизонтально, на крыльях – под углом 10-15°. Мощность рудных пластов в центральных частях месторождений 25-40м, а в краевых – снижается до 0,5м.

Главные типы руд – «табачные» и «коричневые». Первые преобладают в окислительно-восстановительной зоне, приурочены к центральным участкам мульды, вторые образовались за счет первых в окислительной зоне и залегают по периферии мульды кольцеобразно. Второстепенными (малораспространенными) являются марганцево-сидерит-родохрозитовые и марганцево-железистые «икряные» руды, отличающиеся от коричневых повышенным содержанием марганца.

Главные минералы табачных руд – гидрогетит, аллофанит и смектит, а также карбонаты марганцево-сидерит-родохрозитового ряда, реже наблюдаются фосфаты (вивианит и керченит), гидроокислы марганца и пирит.

Главные минералы коричневых руд – гидрогетит и смектит, второстепенные – псиломелан, пиролюзит, гипс, керченит, глауконит. Основные текстуры руд – оолитовая и пизолитовая. В коричневых рудах содержится Fe – 37,5%, MnO – 3,0%, V₂O₅ – 1,19%, P – 1,0%, S – 0,06%, As – 0,13%.

Запасы железных руд главнейших месторождений Керченского бассейна – 1,5 млрд. т, в том числе 560 млн. т коричневых руд.

ЖЕЛЕЗОРУДНЫЙ БАССЕЙН КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ (КМА)

Осадочно-метаморфизованное месторождение, формации железисто-кремнистая и богатых руд коры выветривания

Бассейн Курской магнитной аномалии (КМА) площадью 120 тыс. км² включает четыре железорудных района: Белгородский, Ново-Оскольский, Старо-Оскольский и Курско-Орловский. На территории бассейна распространены два промышленных типа руд: осадочно-метаморфизованные железистые кварциты и богатые железные руды коры выветривания железистых кварцитов.

В геологическом строении района КМА принимают участие два резко различных комплекса пород: 1 – сильно метаморфизованные, интенсивно дислоцированные породы докембрийского основания, состоящие из кристаллических сланцев, гнейсов, железистых кварцитов и рвущих их ин-

трузивных пород; 2 – осадочный комплекс пород (осадочный чехол), залегающий почти горизонтально на породах докембрийского фундамента и представленный глинами, известняками, песками и песчаниками девонского, каменноугольного, юрского, мелового, палеогенового, неогенового и четвертичного возраста. Мощность осадочного чехла изменяется от 35 до 180м в центральной части и до 350-600м в южной части бассейна (Белгородский район, рис. 2).

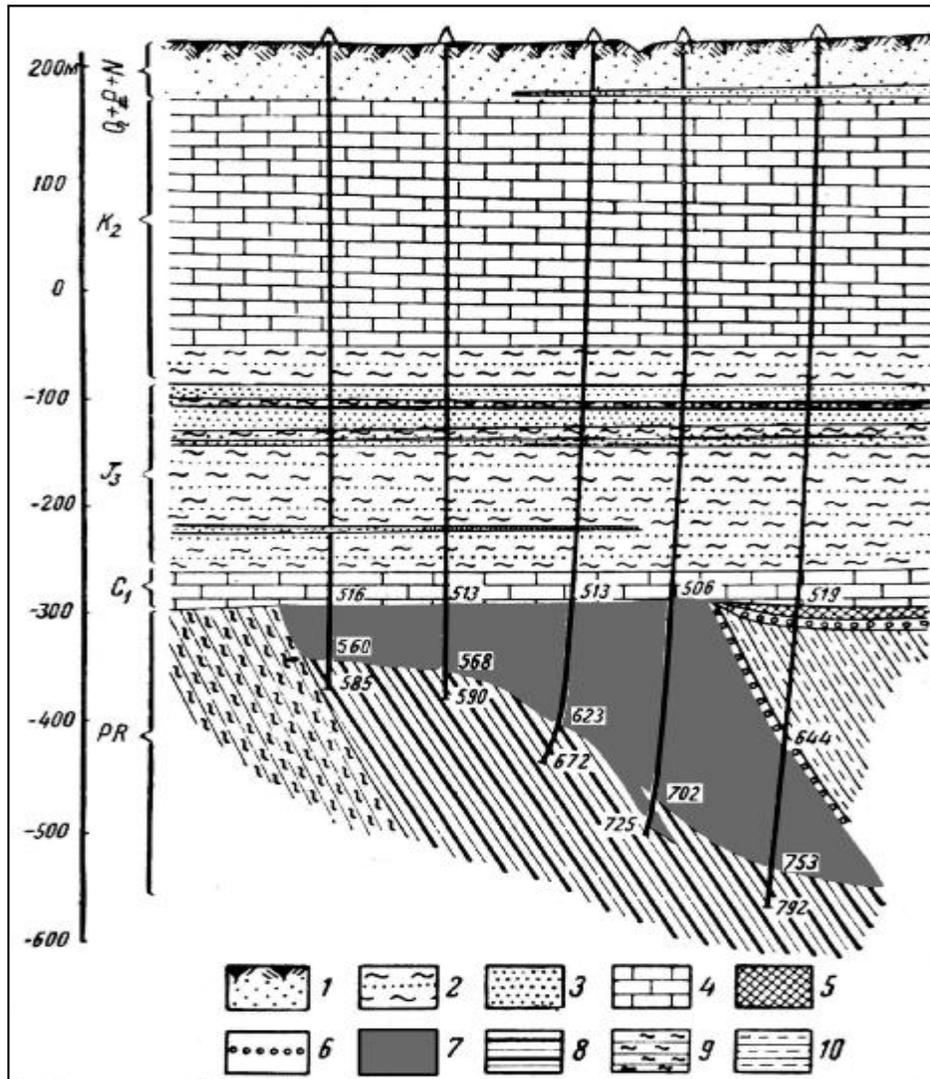


Рис.2. Характерный геологический разрез Яковлевского месторождения: 1 – почвенно-растительный слой; 2 – пески, глины; 3 – песчаники; 4 – мел, мергели, известняки; 5 – руды переотложенные; 6 – бокситы; 7 – богатая руда; 8 – железистые кварциты; 9 – кварц-слюдистые микросланцы; 10 – кварц-графит-биотитовые микросланцы.

Железистые кварциты залегают в виде одного или нескольких параллельных, иногда прерывистых пластов, имеющих крутое (70 – 80°) падение и почти всюду северо-западное простирание. По минеральному составу железистые кварциты подразделяются на магнетитовые, гематит-

магнетитовые и гематитовые (железнослюдковые). Они представляют собой, главным образом, тонкослоистые, мелко- и тонкозернистые породы. Главные рудные минералы в кварцитах - магнетит (5 – 30%), гематит (5 – 55%), кварц (30 – 60%), в подчиненном количестве отмечаются силикаты (актинолит, тремолит, щелочные амфиболы родусит-рибекитового ряда, эгирин, биотит и др.) и карбонаты (доломит, кальцит). Среднее содержание железа в железистых кварцитах 32 – 36%.

Богатые мартитовые, железнослюдково-мартитовые руды коры выветривания, сложенные мартитом, железной слюдкой, тонкочешуйчатым гематитом, гидроокислами железа и хлоритом, залегают на железистых кварцитах в виде пластообразных или линзовидных залежей протяженностью в десятки километров, мощностью 25 – 30м, иногда образуются вытянутые участки, распространяющиеся на глубину 300 – 400м от поверхности фундамента. Богатые руды чаще всего наследуют от железистых кварцитов тонкополосчатую текстуру. С глубиной они постепенно переходят в неизмененные железистые кварциты. Богатые руды характеризуются высоким содержанием железа (64 – 69%) и ничтожным содержанием вредных примесей (сотые доли процента). Наиболее крупные разведанные к настоящему времени в бассейне КМА месторождения богатых железных руд: Яковлевское, Гостищевское, Игуменское в Белгородском районе.

Разведанные запасы и прогнозные ресурсы КМА до глубины 700м оцениваются в 850 млрд. т богатых железных руд, до глубины 1200м – 80 млрд. т.

Железистые кварциты обладают повышенной магнитностью и плотностью, что позволяет надежно картировать их при помощи магнито- и гравиметрических съемок.

ТИТАН

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения:

собственномагматические (позднемагматические), титаномagnetитовая формация.

Экзогенные месторождения:

месторождения выветривания; россыпные месторождения; вулканогенно-осадочные.

Наибольшее значение в промышленном отношении имеют месторождения титаномagnetитовой формации, которые рассматриваются на примере Кусинского месторождения. Меньшее, но все возрастающее значение имеют россыпи.

КУСИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

позднемагматическое, формация ильменит-магнетитовых руд

Месторождение находится на южном Урале в Челябинской области. Залегают в сильно дифференцированном дайкообразном массиве габброи-

дов кембрийского возраста (рис. 3). Массив характеризуется чередованием полос лейкократового и меланократового габбро. Габброиды (особенно, в северной части) интенсивно рассланцованы и местами превращены в амфиболиты. Протяженность массива около 15 км, ширина от 0,3 до 3 км, падение на восток под углом $45-50^{\circ}$ согласно с вмещающими породами позднепротерозойского возраста.

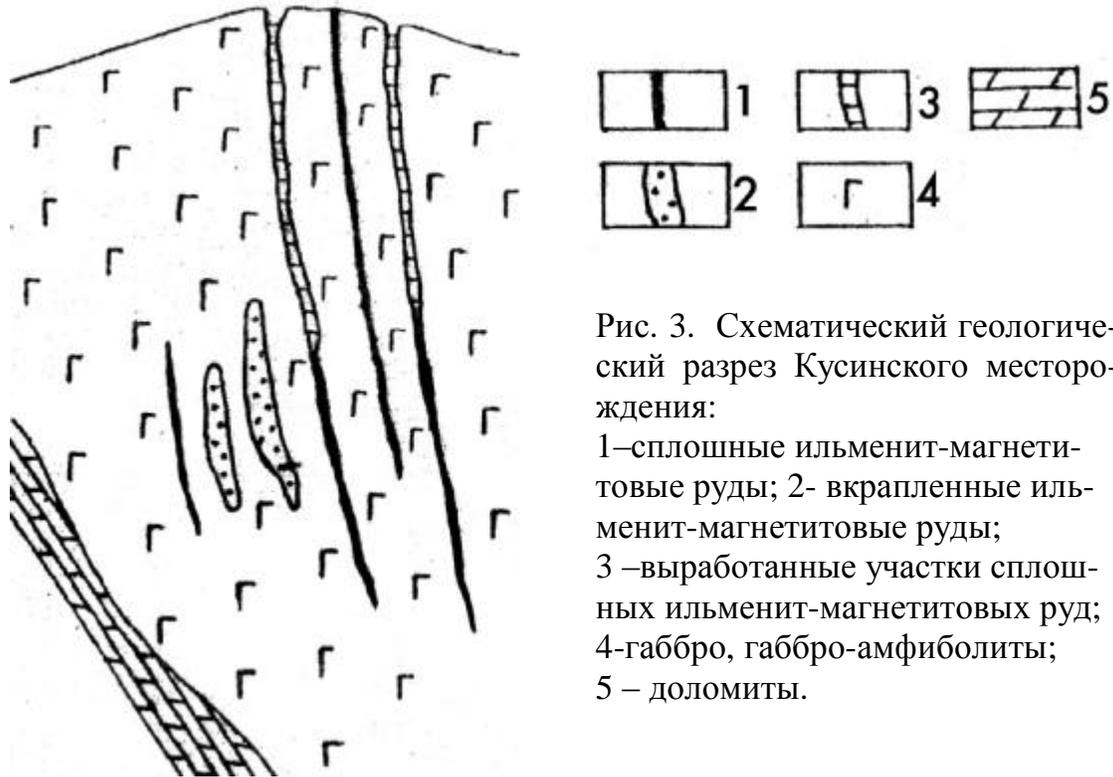


Рис. 3. Схематический геологический разрез Кусинского месторождения:

- 1—сплошные ильменит-магнетитовые руды; 2- вкрапленные ильменит-магнетитовые руды;
3 —выработанные участки сплошных ильменит-магнетитовых руд;
4-габбро, габбро-амфиболиты;
5 — доломиты.

В центральной части массива в меланократовых габбро-амфиболитах залегают четыре субпараллельных массиву жилообразных тела сплошных руд, контакты четкие. Самые крупные имеют длину до 2,5 -2,7 км и мощность до 8,5 м (средняя около 3 м), по падению прослежены на несколько сотен метров.

Руды сложены магнетитом (60 -80%) и ильменитом (20 -40%), присутствуют рутил, шпинель, халькопирит, пирротин, характерно наличие кулсонита. Содержание в рудах железа 50 -57%, окиси титана 10 -20%. Руды являются высококачественным ванадиевым сырьем: магнетит содержит 0,4 -0,6% ванадия. При обогащении руд получают железо-ванадиевые и титановые концентраты.

МАРГАНЕЦ

Промышленные типы месторождений

Экзогенные месторождения:

коры выветривания, формация марганцевых шляп;
осадочные, формация родохрозит-псиломелан-пирролюзитовая;
вулканогенно-осадочные.

Метаморфогенные *месторождения:*
осадочно-метаморфизованные.

Главное промышленное значение имеют осадочные месторождения и коры выветривания. Классическим примером осадочных месторождений является Никопольский бассейн.

НИКОПОЛЬСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ МАРГАНЦА

осадочное, морское, формация пиролюзит-псиломелан-манганитовых руд

Месторождение находится севернее города Никополь (правобережье Днепра) на Украине. Оно включает большую часть мировых запасов марганцевых руд.

Рудный пласт залегает почти горизонтально в основании олигоценых песчано-глинистых отложений на размытой поверхности пород докембрия (или на их каолиновой коре выветривания, рис.4). Он прослеживается на десятки километров, мощность достигает 4 -6 м. Рудный пласт характеризуется перемежаемостью марганцевых конкреций, линз и стяжений с песчано-алеврит-глинистыми осадками. Количество марганцевых руд, заключенных в нерудной массе, достигает 50%, а среднее содержание марганца 15 -25%.

На месторождении выделяются три рудные латеральные зоны: оксидных, смешанных (оксидно-карбонатных) и карбонатных марганцевых руд. Среди разведанных руд соотношение оксидных, смешанных и карбонатных руд равно 25:5:70.

Оксидные руды сложены пиролюзитом, псиломеланом, манганитом; карбонатные – манганокальцитом, в незначительном количестве родохрозитом. Содержание марганца в оксидных рудах 9 – 47%, в карбонатных 8 – 34%, последние характеризуются повышенными количествами вредных примесей (фосфора, серы).

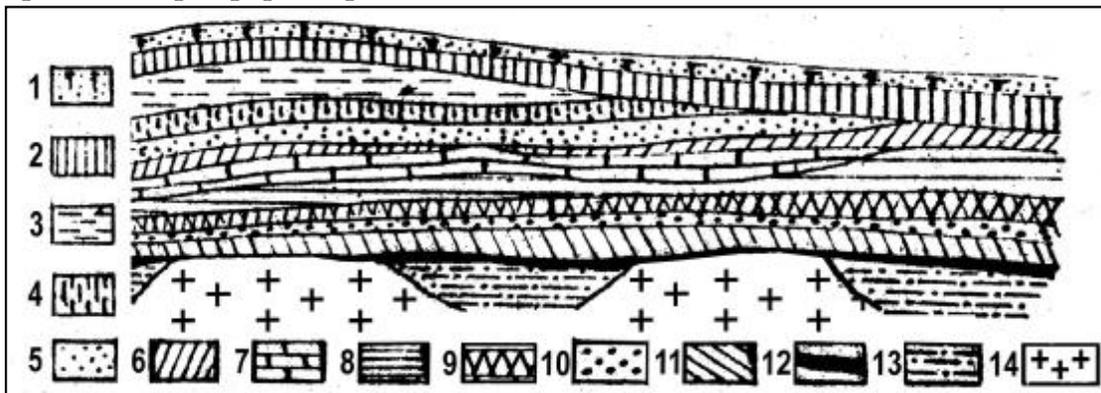


Рис.4. Схематический геологический разрез палеоген-неогеновых отложений на одном из участков Никопольского месторождения, по Д.И.Покровскому: 1 – чернозем; 2 – лесс; 3 – глина красная; 4 – глина бу-

рая; 5 – песок; 6 - глина серо-зеленая; 7 – известняк; 8 – глина серо-белая; 9 – глина черная; 10 – песок зеленый; 11 – глина зеленая; 12 – марганцевая руда; 13 – каолин; 14 - докембрийские кристаллические породы.

Среди оксидных руд по текстурным особенностям выделяются следующие типы:

1- конкреционные руды, представленные стяжениями пиролюзита и манганита, хорошо обогащаются, наиболее распространены;

2- ноздреватые руды, сложенные пористыми стяжениями гидроокислов марганца, обогащаются хуже;

3- землистые руды (сажистые) с содержанием марганца 10 – 15%, не поддаются обогащению;

4- массивные руды (“плитняки”) встречаются редко.

Месторождение образовалось путем накопления марганцеворудных осадков в мелководной части крупного морского бассейна. Источником марганца явились коры выветривания нижнепротерозойских метабазитов.

Так как физические свойства руд и вмещающих пород практически не отличаются, геофизические методы не нашли широкого применения.

ХРОМ

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения:

собственномагматические (раннемагматические и позднемагматические).

Экзогенные месторождения:

россыпи;

месторождения выветривания.

Наиболее важными в промышленном отношении являются позднемагматические месторождения, которые изучаются на примере Кемпирсайской группы месторождений.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ КЕМПИРСАЙСКОГО МАССИВА

позднемагматические, формация хромшпинелидовых руд

Месторождение находится на южной оконечности Урала, в Актюбинской области Казахстана. Связано оно с Кемпирсайским массивом ультраосновных пород, который контролируется зоной регионального глубинного разлома и вытянут в субмеридиональном направлении на 82 км. Массив представляет удлиненный лакколит, залегающий между образованиями позднего протерозоя и раннего палеозоя. Ширина массива увеличивается с севера на юг от 0,6-1 до 32 км. Общая площадь около 1000 кв.км. В юрское время на нем формировалась мощная латеритная кора выветривания. Массив преимущественно сложен серпентинизированными перидо-

титам (гарцбургитами) и только в юго-восточной части выходят крупные тела дунитов (рис.5).

Выявлено 160 месторождений и проявлений хрома, размещающихся в четырех рудных полях: Западно-Кемпирсайском, Степном, Тыгашайском и Главном (Южно-Кемпирсайском). Вещественный состав и качество руд зависят от особенностей состава вмещающих пород.

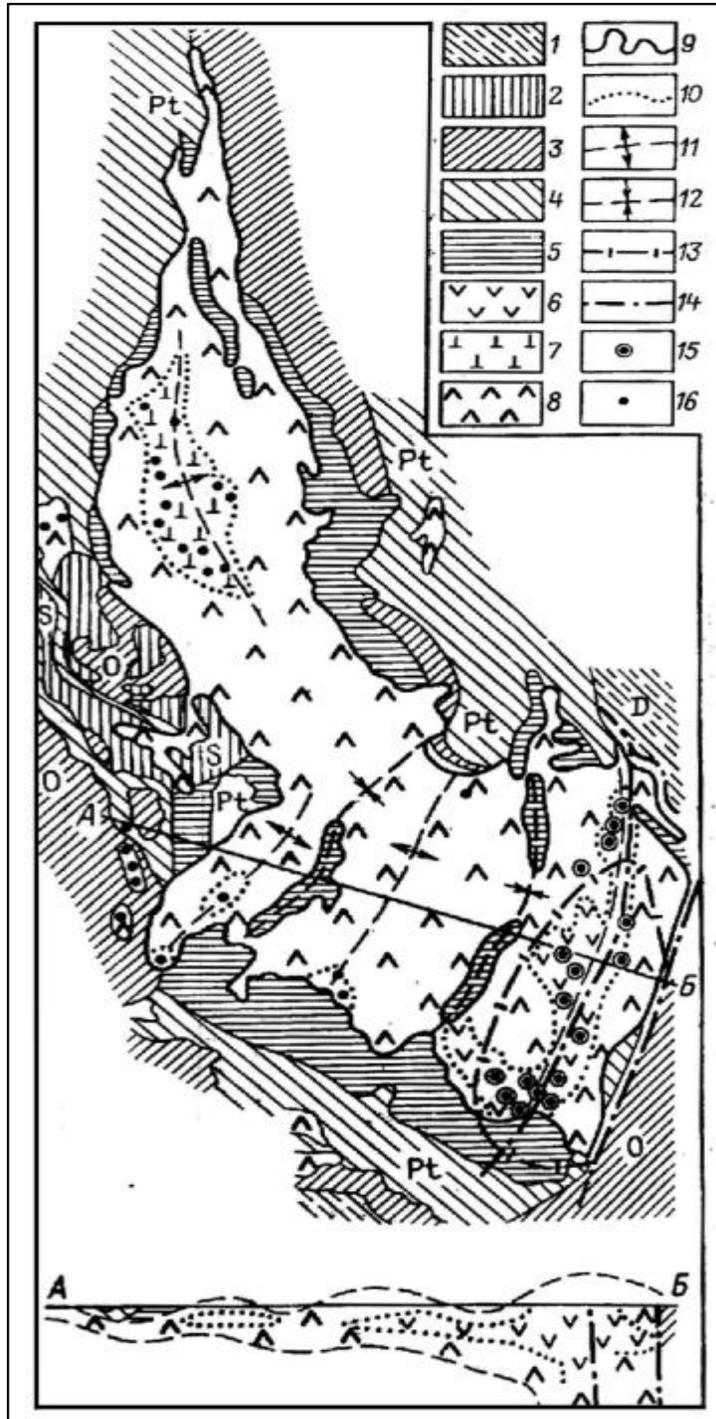


Рис.5. Схема геологического строения хромитового Кемпирсайского массива. По Н.Павлову и И.Григорьевой:

1-4 – вмещающие кремнистые и карбонатные породы: 1 – девонские, 2 – силурийские, 3 – ордовикские, 4 – протерозойские; 5 – габброамфиболиты; 6-8 – серпентинизированные образования: 6 – перидотиты и дуниты, 7 – дунит-перидотитовый шлирово-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.

Все промышленные месторождения высококачественных металлургических руд (Алмаз, Жемчужина, Молодежное, Миллионное и др.) находятся в Южно-Кемпирсайском рудном поле.

Руды приурочены к серпентинизированным дунитам. Наиболее распространенные формы рудных тел – жилоподобные линзы, реже – изометричные линзы и столбообразные залежи. Размеры отдельных рудных тел варьируют в широких пределах: от нескольких десятков метров до 1,5 километров по простиранию при мощности от нескольких до 150м.

Руды массивной, вкрапленной и нодулярной текстуры, сложены магнохромитом, в подчиненном количестве встречаются порообразующие минералы – оливин или серпентин, развивающийся по оливину, хромдиопсид, хлорит, уваровит и др.

По химическому составу руды Южно-Кемпирсайских месторождений относятся к высокосортным: в массивных рудах содержание Cr_2O_3 55-63%, в густовкрапленных – 45-55%, отношение $\text{Cr}_2\text{O}_3:\text{FeO} > 4$.

Месторождения низкокачественных огнеупорных руд находятся в северной части массива и приурочены к гарцбургитам. Жилоподобные залежи имеют протяженность от 30 до 135м при мощности от 1 до 10м, контакты резкие. Характерны массивные и густовкрапленные руды. В составе руд преобладает алюмохромит. Содержание Cr_2O_3 20-40%, Al_2O_3 25-30%, отношение $\text{Cr}_2\text{O}_3:\text{FeO}$ от 1,8 до 2,5. Хромитовые руды содержат Pt и Pd, но извлечение их пока не производится.

Кемпирсайский массив четко оконтуривается положительными аномалиями магнитного поля. Юго-восточная и северная части массива совпадают с зонами интенсивных положительных гравитационных аномалий.

ЛЕГИРУЮЩИЕ МЕТАЛЛЫ

НИКЕЛЬ И КОБАЛЬТ

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения:

собственномагматические (ликвационные), формации Ni-Cu руд в коматиитах (австралийский тип), Pt-хромит-Cu-Ni руд в расслоенных комплексах ультраосновных пород (Бушвелльд), Pt-Ni-Cu руд (норильский тип);

гидротермальные (плутоногенно-гидротермальные).

Экзогенные месторождения

месторождения коры выветривания (остаточные), формация силикатных никелевых руд и асболоановых кобальтовых руд.

Наиболее важными в промышленном отношении являются ликвационные сульфидные руды (они занимают первое место по добыче никелевых руд), по запасам руд большое значение имеют месторождения коры выветривания. Эти два типа месторождений рассматриваются на примере Норильской группы месторождений (Талнахское) и месторождений о. Новая Каледония.

ТАЛНАХСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

собственномагматическое (ликвационное), формация сульфидных платиноидно-медно-никелевых кобальтсодержащих руд

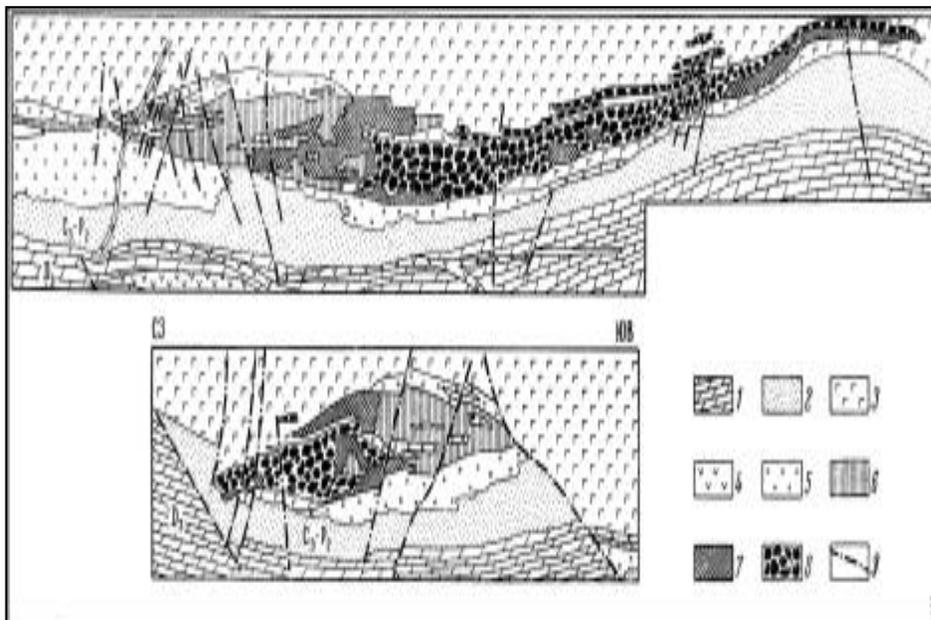


Рис. 6 .Схема внутреннего строения залежи сплошных руд в юго-западной части Талнахского месторождения. По Л.Сухову и В. Изойтко (1971)

1 – доломиты, мергели; 2 – песчаники, алевролиты, аргиллиты; 3 – габбро-долериты Талнахской интрузии; 4 – долериты дифференцированных силлов; 5 – контактово-измененные породы; 6 – пентландит-халькопирит-пирротиновые руды; 7 – пентландит-халькопирит-пирротин-кубанитовые руды; 8 – пентландит-кубанит-халькопиритовые руды; 9 – тектонические нарушения.

Норильский рудный район находится на северо-западной окраине Сибирской платформы. Помимо Талнахского месторождения в нем известны месторождения Норильск 1, Норильск 2, Гора Черная, Октябрьское, Имангда. Все они генетически связаны с дифференцированными интрузиями габбро-долеритов и располагаются в зоне Норильско-Харалахского глубинного разлома (за исключением Имангда).

Талнахское месторождение находится на юго-западном фланге Харалахской мульды, которая сложена карбонатно-глинистыми породами девона, песчано-сланцевыми отложениями пермо-карбона (тунгусская серия), туфогенно-лавовой толщей пермо-триаса и комплексом межпластовых дифференцированных интрузий габбро-долеритов триасового возраста (рис.6). Интрузии локализованы в нижней части вулканогенной трапповой формации, общая площадь их достигает 45 кв.км.

В расслоенных магматических телах наблюдается следующая смена горизонтов (сверху вниз): 1 - эруптивные брекчии, лейкократовые габбро; 2 –габбро-долериты и кварцсодержащие долериты; 3 - безоливиновые до-

лериты; 4 - оливковые долериты; 5 – пикритовые долериты, оливиниты; 6 – такситовые и контактовые долериты.

Основная масса сульфидных медно-никелевых руд локализуется в области нижнего эндо- и экзоконтакта никеленосных массивов. Рудные тела имеют пластообразную и линзовидную форму. Выделяются три типа руд: вкрапленные, сплошные и вкрапленно-прожилковые.

В составе руд преобладают пирротин, пентландит, халькопирит, широко развиты также кубанит, магнетит, ильменит. К числу относительно редких минералов руд относятся пирит, миллерит, талнахит, валлериит, платиноиды и др. Содержание никеля в руде от 0,5 до 5%, меди от 1 до 6-7%. Отношение Ni:Cu = 1: (2,5 -1), Ni : Co = 16:1. Кроме никеля и меди в рудах содержатся кобальт, платиноиды, золото, серебро, селен и теллур.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОСТРОВА НОВАЯ КАЛЕДОНИЯ

месторождения коры выветривания (остаточные), формации силикатных никелевых и асболановых кобальтовых руд.

Крупные массивы ультраосновных серпентинизированных пород занимают треть площади острова. Здесь насчитывается 1500 никелевых и 300 кобальтовых месторождений, образовавшихся в процессе латеритного выветривания.

Месторождения относятся к площадному типу, но есть и глубоко проникающие руды, относящиеся к месторождениям линейного типа (рис. 7). Мощность коры 40 – 50м. Содержание Fe₂O₃ до 60%, Ni O – 1,65%, Co – 0,1%.

Площадные коры выветривания имеют зональное строение. Верхняя зона (до глубины 10 -27м) сложена латеритными охрами, которые в самой нижней части обогащены рассеянным гарниеритом, здесь же отмечаются повышенные концентрации асболанов, образующих гнезда, конкреции, корки. Эта зона кобальт-железо-никелевых руд характеризуется низким содержанием никеля (1 – 7%), содержание кобальта достигает 3 -4 %.

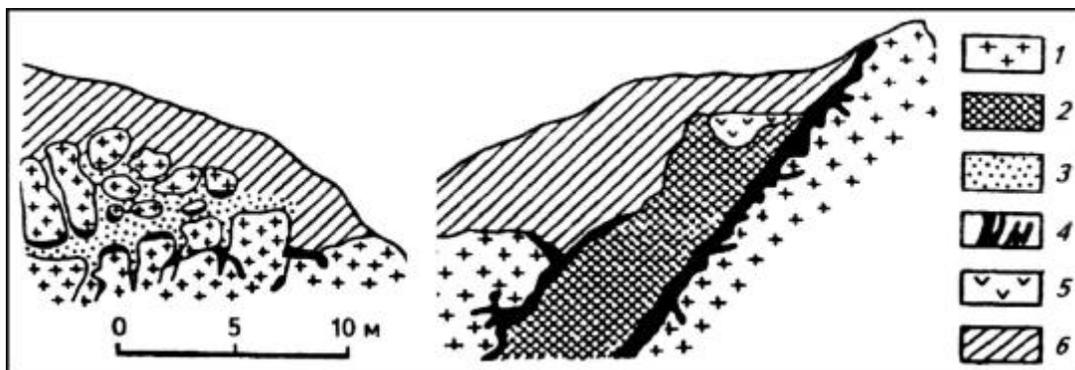


Рис.7. Два разреза гарниеритовых месторождений в Новой Каледонии (по Е.Глассеру): 1 – серпентиниты, перидотиты; 2, 3 – руды: 2 – брекчиевые, 3 – брекчиевидные и порошковатые; 4 – скопления зеленого гарниерита; 5 ,6 – красная земля: 5 – никеленосная, 6 – безрудная.

Нижняя часть коры представлена выщелоченными и слабо измененными серпентинитами, рассеченными густой сетью прожилков гарниерита. Содержание никеля в гарниеритовых рудах составляет в среднем 3 – 4 %, повышаясь в наиболее богатых участках до 9%.

Линейные коры, некоторые из них достигают мощности 45м, прослеживаются на глубину до 150м, в них также наблюдаются высокие концентрации никеля и кобальта.

Суммарные запасы руд оцениваются в 4 – 5 млрд.т.

ВОЛЬФРАМ

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения:

скарновые, формация шеелитоносных скарнов;

грейзеновые;

гидротермальные (плутоногенно-гидротермальные), формация кварц-вольфрамитовая;

гидротермальные (вулканогенно-гидротермальные), формация антимонит-шеелит-ферберитовая.

Экзогенные месторождения:

россыпи.

Наиболее важными для вольфрама являются шеелитоносные скарны и кварц-вольфрамитовые руды гидротермального генезиса. В качестве примера изучаются месторождения Тырнауз и Джидинская группа месторождений.

МЕСТОРОЖДЕНИЕ ТЫРНЫАУЗ

скарновое, формация шеелитоносных скарнов

Месторождение Тырнауз является одним из наиболее известных скарновых месторождений вольфрама и молибдена, расположено оно на Северном Кавказе.

Рудное поле представляет собой фрагмент крупной складчатой структуры, сложенной метаморфизованными породами девона, карбона и нижней юры (песчаники, алевролиты, сланцы, конгломераты, туффиты, мрамора, роговики). Все эти породы прорваны герцинскими интрузиями гранитоидов, а также неинтрузиями лейкократовых гранитов. Наиболее крупный массив лейкократовых гранитов, имеющий очень сложную морфологию (ответвления большого числа апофиз), получил название “Паук” (рис.8).

На месторождении наблюдается два типа скарновых залежей. Одни приурочены к контакту гранитов с мраморами, они маломощны и практически безрудные.

Второй тип скарнов находится на контакте мраморов и перекрывающих их роговиков, с ними связаны основные рудные тела.

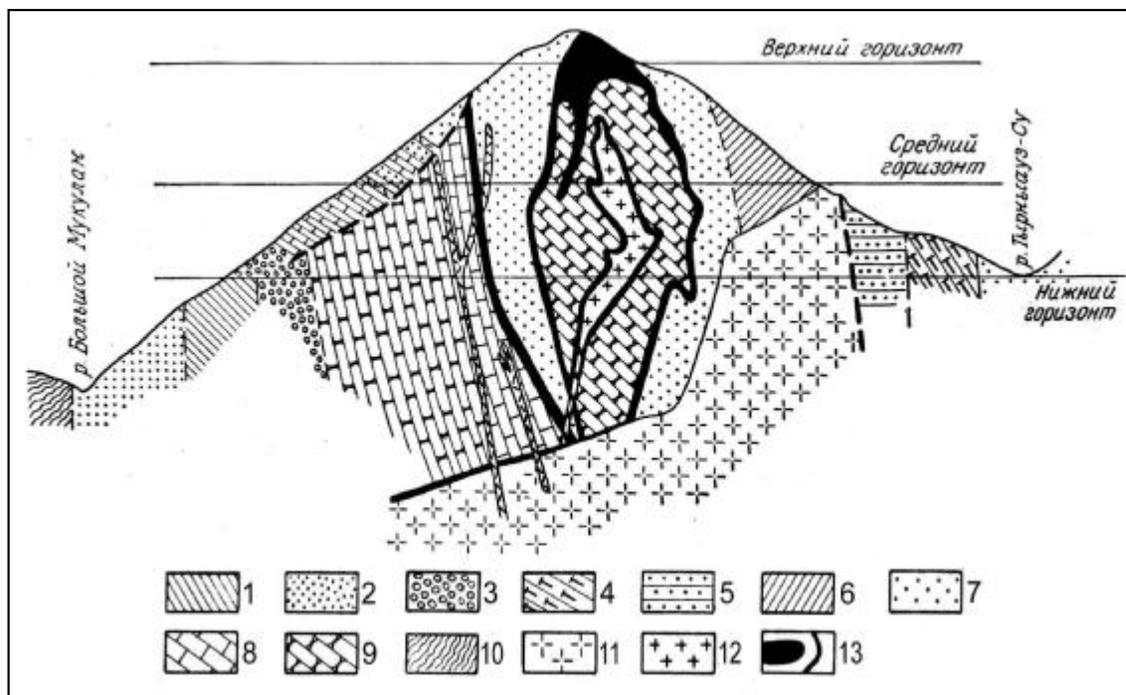


Рис. 8 Схематический разрез месторождения Тырнауз по А.Пэку(1962): 1— черные сланцы, 2 — песчаники, 3— конгломераты; 4 — вулканогенные породы; 5 — аркозовые песчаники; 6 — кварцевые плагиопорфиры; 7 — биотитовые роговики; 8— слоистые мраморы; 9 — массивные мраморы; 10— мигматиты; 11— эльджуртинские граниты; 12— лейкократовые граниты; 13 — скарны.

На месторождении фиксируется несколько рудных тел, из которых главное представляет собой круто наклоненную седловидную залежь с мощностью в центре до 100м, а на флангах до 2м. Протяженность залежи превышает 1 км.

Главные рудные минералы – шеелит и молибденит, второстепенные – магнетит, пирротин, халькопирит, сфалерит и висмутин; нерудные представлены гранатом, пироксеном, волластонитом, везувианом и др. Отношение трехоксида вольфрама к молибдену изменяется от 4 : 1 до 8 : 1. Текстуры руд массивные, брекчиевидные, прожилково-вкрапленные.

Формирование месторождения происходило в несколько стадий. Рудные минералы (шеелит) начали кристаллизоваться во вторую стадию, основная масса молибденита выделялась в третью стадию. На поздних стадиях рудного процесса откладывались сульфиды: пирротин, пирит, арсенопирит, халькопирит и др. Оруденение наложено на скарны, о чем свидетельствует неравномерность распределения рудных минералов в скарнах и их приуроченность к более поздним жилкам.

Возраст магматизма и рудообразования определяется как посленижнеюрский.

Из геофизических методов, применявшихся на месторождении, наиболее эффективным оказался метод вызванной поляризации в комплексе с магниторазведкой.

ДЖИДИНСКАЯ ГРУППА МЕСТОРОЖДЕНИЙ

гидротермальное (плутоногенно-гидротермальное), формация кварц-гюбнеритовая

Джидинское рудное поле (ДРП) находится в Бурятии, в отрогах Джидинского хребта, входящего в Саянское нагорье. На площади рудного поля находится группа коренных и россыпных месторождений вольфрама и молибдена.

Месторождения ДРП возникли в период мезозойской тектономагматической активизации палеозойских комплексов Забайкалья в связи с малыми интрузиями лейкократовых гранитов и гранит-порфиров.

В строении Джидинского рудного поля участвуют осадочно-вулканогенные образования нижнекембрийского возраста (сланцы, туфопесчаники, известняки, порфириты и их туфы), прорванные разнообразными интрузиями от ультраосновных до кислых и щелочных. Вольфрамовое и молибденовое оруденение генетически связано с гранит-порфирами Первомайского штока.

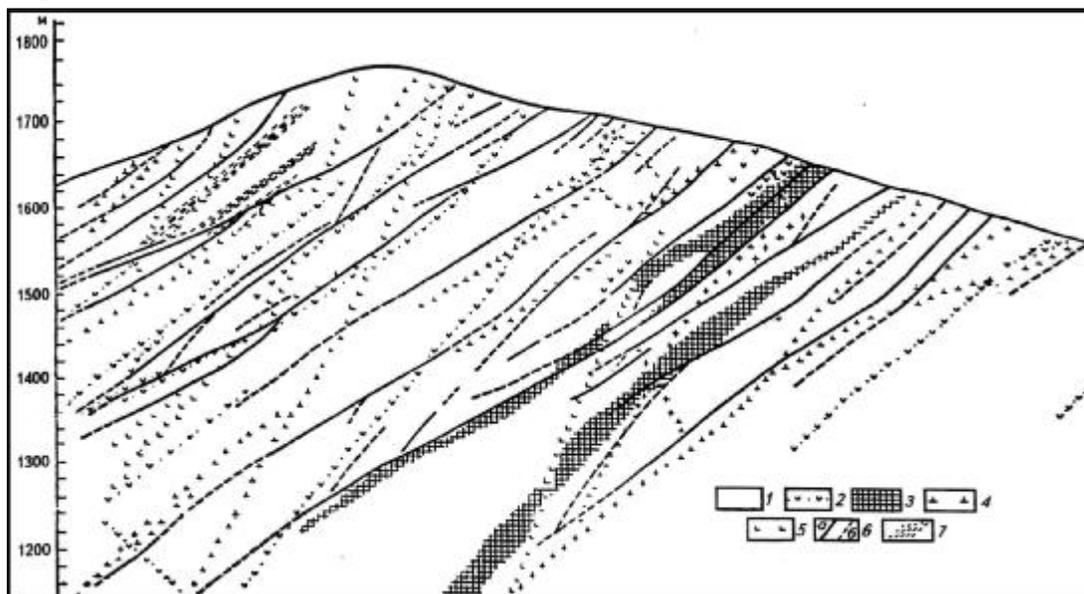


Рис.9.Схематический геологический разрез через центральную часть Холтосонского месторождения (по А.Щеглову и Т.Буткевичу): 1 – кварцевые диориты; 2 – микродиориты и диоритовые порфириты; 3 – бостониты; 4 – серые сиениты; 5 – серые кварцевые сиенит-порфиры; 6 – установленные (а) и предполагаемые (б) кварц-сульфидно-гюбнеритовые жилы; 7 – тектонические зоны и нарушения.

Холтосонское жильное вольфрамовое месторождение расположено в юго-западной части Джидинского рудного поля и представлено многочисленными кварц-сульфидно-гюбнеритовыми жилами в кварцевых диоритах

и в первомайских гранит-порфирах. На месторождении известно 140 жил, половина из которых имеет промышленное значение. Длина жил до 1км и более, мощность от 0,2 до 1м, встречаются раздувы мощностью от 2 до 12м (рис.9). Промышленные кварц-сульфидно-гюбнеритовые жилы содержат гюбнерит, пирит, галенит, сфалерит, халькопирит, родохрозит. Не-рудные минералы помимо главного жильного кварца представлены флюоритом, серицитом, микроклином. Характерны полосчатые текстуры. Содержание WO_3 около 1%. Наиболее высокие содержания отмечаются до глубины 200м от поверхности.

Вмещающие породы вблизи рудных жил подвержены грейзенизации, березитизации, серицитизации. Мощность зон околорудных изменений не превышает 0,5м.

МОЛИБДЕН

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения:

скарновые, формация молибденоносных скарнов;
 грейзеновые;
 гидротермальные (плутоногенно-гидротермальные), формации:
 кварц-молибденитовая и прожилково-вкрапленных медно-молибденовых руд.

Самыми важными в промышленном отношении для молибдена являются гидротермальные месторождения, главным образом, формация прожилково-вкрапленных руд. С этой точки зрения наиболее представительными являются месторождения Восточный Коунрад и Сорское.

МЕСТОРОЖДЕНИЕ ВОСТОЧНЫЙ КОУНРАД

грейзеновое и плутоногенно-гидротермальное, формация кварц-молибденитовая

Месторождение расположено в Казахстане (Сев.Прибалхашье), на площади одноименного пермского массива, сложенного лейкократовыми гранитами общей площадью 110 кв.км. Массив рассечен жилами мелкозернистых гранитов и аплитов, дайками диоритовых порфиритов.

Рудная минерализация сосредоточена в апикальных частях массива. В контуры рудного тела включаются кварц-молибденитовые жилы и молибденитсодержащие околожильные и внутрижильные грейзены.

Крутопадающие рудные жилы мощностью 0,25 – 1,5м формируют кулисы длиной 200 – 250м. Эти кулисы составляют жильную систему субширотного простирания общей длиной 8 км. Грейзены образуют симметричные зоны по обе стороны жил и постепенно переходят в граниты.

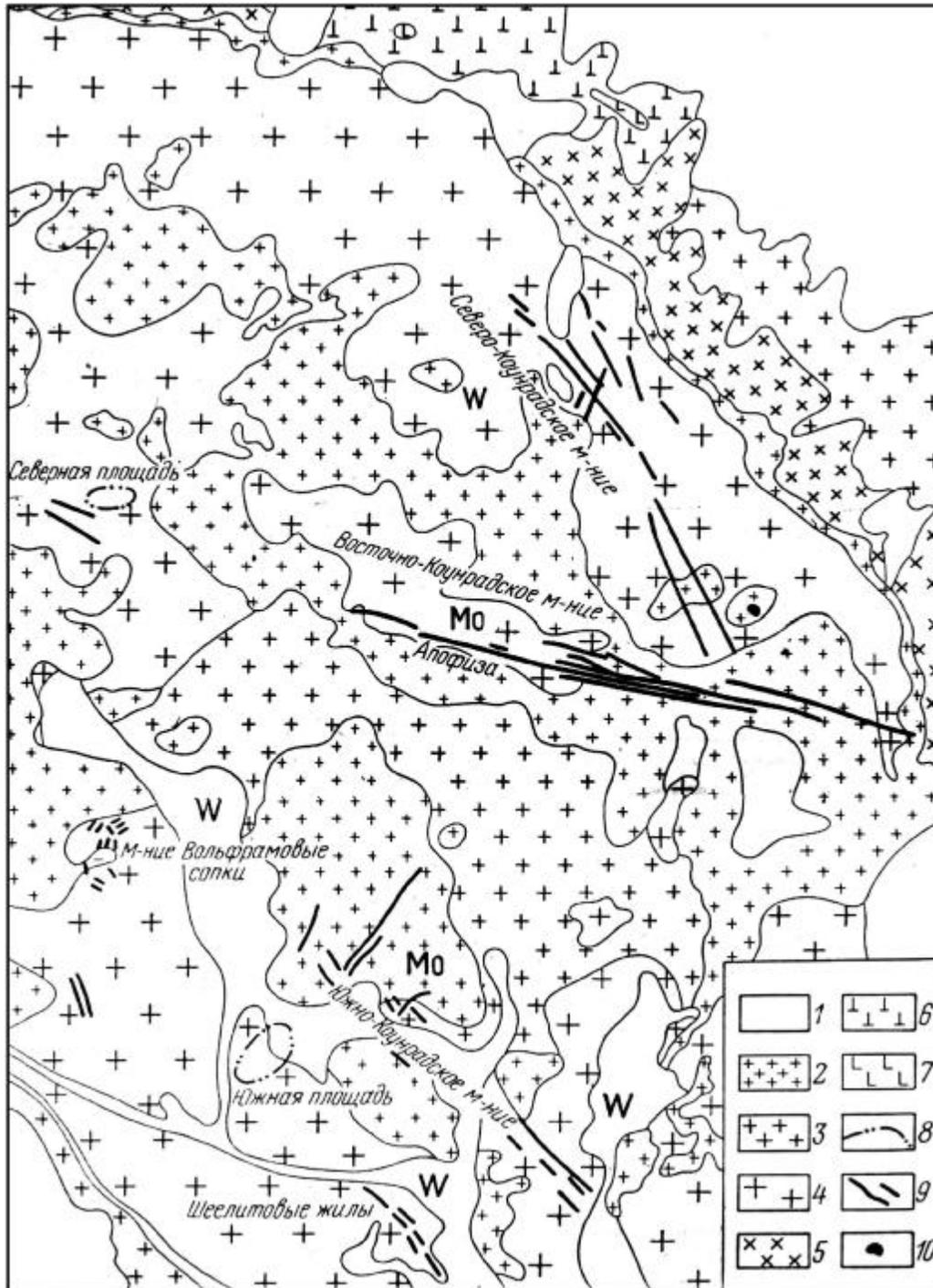


Рис.10. Схематическая геологическая карта и расположение месторождений Восточно-Коунрадского гранитного массива по Г. Зиновьеву:
 1 – четвертичные отложения; 2 – мелкозернистые граниты; 3 – среднезернистые граниты; 4 – крупнозернистые граниты; 5 – гранофиры и гранофировые граниты; 6 – диориты и гранодиориты; 7 – порфиристы; 8 – грейзеновые зоны; 9 – кварцевые жилы; 10 – кварцевое тело.

Главные минералы жил: рудные – молибденит и пирит; жильные – кварц, мусковит, флюорит; второстепенные – халькопирит, альбит, микроклин. Основные минералы грейзенов – кварц, меньшую роль играют мусковит и плагиоклаз, молибденит образует мелкую равномерную вкрапленность.

Выделяются три стадии минералообразования: 1 – формирование молибденоносных грейзенов и кварцевых жил с молибденитом и пиритом; 2 – образование кварцевых прожилков с вольфрамитовой минерализацией; 3 – выполнение жил и прожилков белым друзовым кварцем.

На месторождении наблюдается вертикальная зональность, которая выражается в смене сверху вниз трех зон:

надрудной (кварцевые жилы и околожильные грейзены с убогой молибденовой и вольфрамовой минерализацией);

рудной, к которой приурочено промышленное молибденовое оруденение, вольфрамит встречается в подчиненном количестве;

подрудной, где грейзены выклиниваются, а мощность кварцевых жил уменьшается, содержание молибдена в ней непромышленное.

СОРСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

гидротермальное (плутоногенно-гидротермальное), формация медно-молибден-порфириновых руд

Сорское месторождение находится на восточном склоне Кузнецкого Алатау и располагается в апикальной части Уйбатского плутона, входящего в складчатую систему Алтае-Саянской области. Массив прорывает нижнекембрийские карбонатные формации, сменяющиеся в верхней части разреза вулканогенными породами.

Рудное поле сложено магматическими породами: диоритами, сиенит-диоритами, сиенитами, плагиогранитами. В районе наблюдается большое количество даек как дорудных, так и поздних послерудных разного состава: спессартиты, ортофиры, диабазовые порфириты, кварцевые порфиры.

Основная масса руд сосредоточена в плагиогранитах. Рудный штокверк локализован в узле пересечений тектонических зон. Мощности жил и прожилков колеблются от долей сантиметра до одного метра, преобладают 5 – 20 см.

Рудный штокверк характеризуется зональностью. Центральная часть практически безрудная с очень бедной медной минерализацией, эта зона сложена наиболее ранними образованиями. Она сменяется зонами богатых брекчиевых руд и более поздних прожилковых и прожилково-вкрапленных руд, содержащих основные запасы молибдена и меди. Максимальная глубина распространения штокверкового оруденения составляет около 1000м, на флангах – 300 – 500м.

Состав руд: молибденит, пирит, борнит и халькопирит. Жильные минералы – кварц и незначительное количество мусковита. Температура

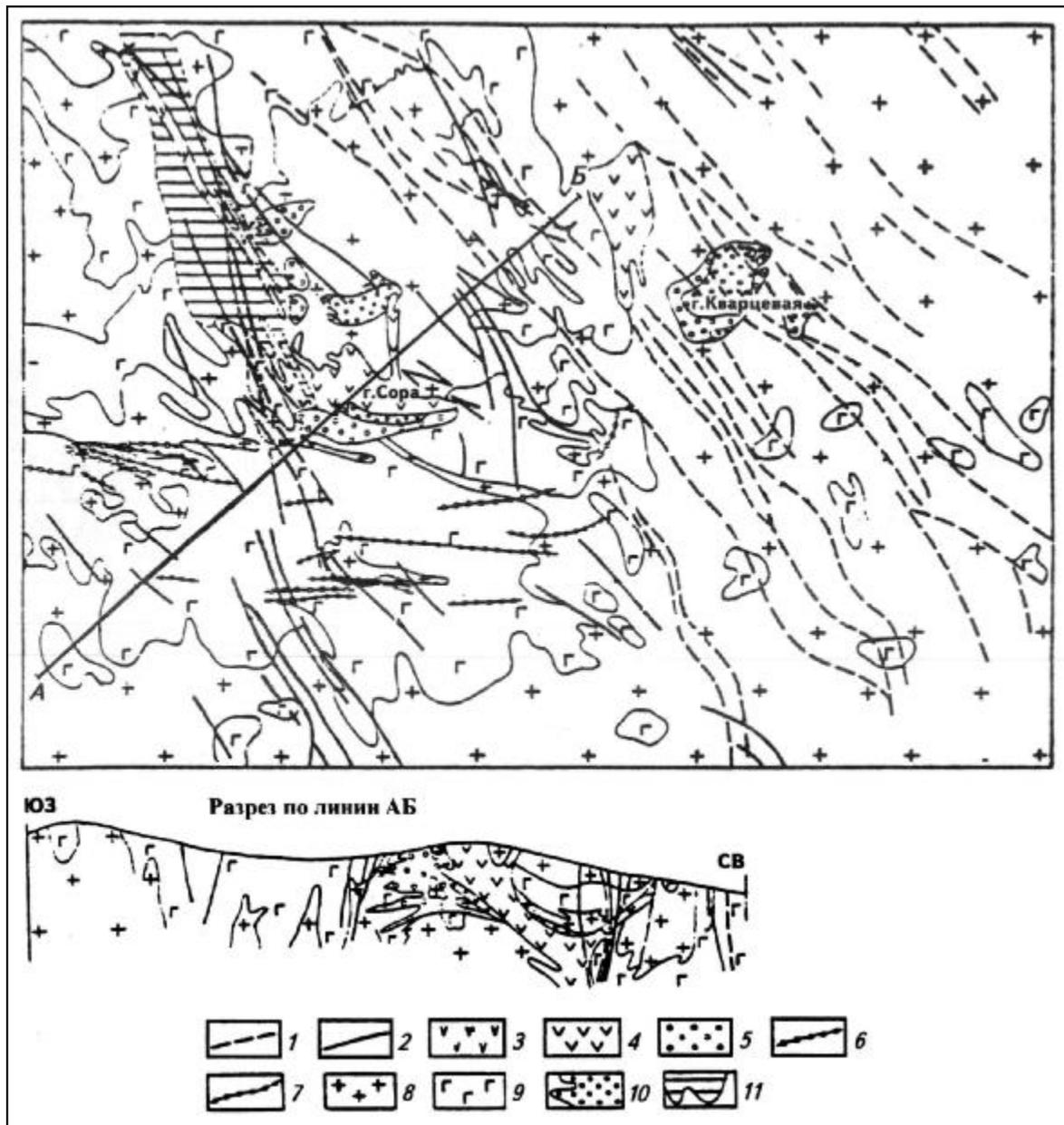


Рис.11. Схематическая геологическая карта (а) и разрез (б) Сорского месторождения (по В.Покалову): 1 - дайки ортофиоров; 2 - дайки диабазовых порфиритов; 3 - субщелочные кварц-содержащие порфиры II; 4 - субщелочные кварц-содержащие порфиры I; 5 - кварцевые тела; 6 - полевошпатовые тела; 7 - дайки спессартитов; 8 — лейкократовые граниты; 9 — плагиограниты; 10 — диориты; 11 — брекчиевые молибденовые руды;

образования этих руд 380 - 440°. Завершился рудный процесс формированием свинцово-цинковой минерализации, проявленной маломощными кварц-карбонатными прожилками с флюоритом, сфалеритом, галенитом, халькопиритом, блеклыми рудами, буланжеритом. Эта минерализация развита в периферических частях месторождения.

Месторождение комплексное: помимо основных компонентов (молибдена и меди) наблюдаются сопутствующие – серебро, цинк, в молибдените есть рений, содержание которого в верхних горизонтах 10 -25г/т.

ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

МЕДЬ

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения:

собственномагматические (ликвационные), формация сульфидных медно-никелевых руд;
 карбонатитовые;
 скарновые, формация меденосных скарнов;
 гидротермальные (плутоногенные), формации прожилково-вкрапленных медно-порфировых и жильных руд;
 гидротермальные (вулканогенные), формация самородной меди с цеолитами;
 колчеданные, формация медноколчеданная;
 стратиформные, формация медистых песчаников.

Наиболее важное промышленное значение имеют ликвационные медно-никелевые месторождения, рассмотренные ранее, гидротермальные прожилково-вкрапленные, колчеданные и стратиформные. Последние три типа месторождения изучаются на примере Коунрадского, Гайского и Удоканского месторождений.

КОУНРАДСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

гидротермальное (плутоногенное), формация прожилково-вкрапленных медно-порфировых руд

Месторождение находится в Центральном Казахстане и приурочено к Коунрадскому поднятию, являющемуся южной частью Коунрад-Бектаутинского плутона.

Район сложен нижнекаменноугольными вулканитами липаритового состава, образующими вулcano-купольную структуру. Жерловую зону прорывает шток гранодиорит-порфиров. Рудное тело в форме штокверка локализовано в апикальной части штока гранодиорит-порфиров и вместе с вмещающими метасоматитами повторяет его форму (рис.12).

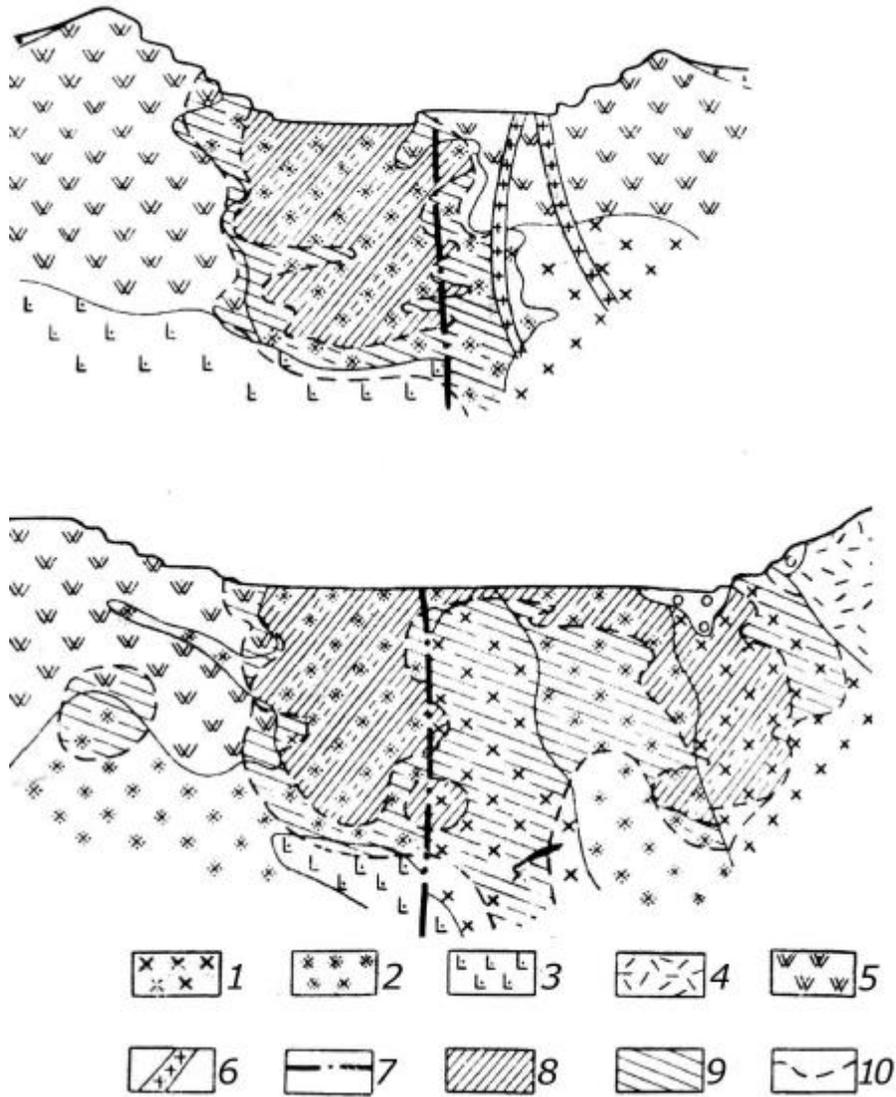


Рис.12 Схематические геологические разрезы месторождения Коунрад. По А. Полетаеву, Г. Гильмутдинову, М.Чеховичу: 1- гранодиорит-порфиры слабо измененные, 2 - вторичные кварциты по гранодиорит-порфирам, 3 - лавобрекчии и туфы, 4 - вторичные кварциты по туфобрекциям кварцевых порфиров, 5 –вторичные кварциты по флюидалным фельзитам, 6 - дайки кварцевых диоритов, 7 - тектонические нарушения, 8 – богатые и рядовые руды, 9 - убогие руды, 10 - границы сортов руд.

Штокверк представляет собой густую сеть ветвящихся кварцевых и кварц-сульфидных прожилков мощностью несколько сантиметров, длиной десятки сантиметров – первые метры. Руды прожилково-вкрапленные, прожилковые, вкрапленные, брекчиевидные.

Главные рудные минералы – пирит, халькопирит, молибденит, энаргит, блеклые руды; второстепенные – сфалерит, галенит, магнетит.

Вмещающие породы подвержены изменениям, интенсивность которых уменьшается по мере удаления от контакта гранодиорит-порфиров с эффузивными липарит-порфирами. Схема зональности такова: по гранодиорит-порфирам развиваются вторичные кварциты, сменяющиеся на глубину аргиллизитами и пропилитами. По липаритовым порфирам также образуются вторичные кварциты и в удалении от контакта – пропилиты. Руды приурочены к вторичным кварцитам по гранодиорит-порфирам.

Первичная рудная зональность является концентрической: богатое медное оруденение локализуется в центральной и верхней части рудного тела, а молибден-мышьяковая минерализация – в периферической зоне штокверка.

Вторичная зональность выражается в смене по вертикали следующих зон (сверху вниз): 1 – окисления (несколько десятков метров); 2 – выщелачивания (мощность от 0 до 80м); 3 – вторичного сульфидного обогащения, которая на глубине 250 – 300 м сменяется первичными рудами.

Первичные руды бедны как медью, так и молибденом. Среди элементов-примесей важное значение имеет рений, отмечаются примеси селена, теллура, серебра и золота. Большую часть запасов меди содержит зона вторичного сульфидного обогащения.

Месторождение Коунрад разрабатывается открытым способом, в настоящее время карьер вошел в зону первичных бедных руд, но большие запасы месторождения, комплексный характер руд и возможность высокого уровня механизации работ в огромном карьере делают рентабельной разработку первичных бедных руд Коунрадского месторождения.

Для выявления медно-молибденовых зон наиболее эффективен метод вызванной поляризации и естественного электрического поля вследствие наличия в руде сульфидов и особенно пирита над рудными зонами установлены аномалии поляризуемости.

ГАЙСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

колчеданное, формация медноколчеданная

Гайское месторождение расположено на Южном Урале. На участке развита осадочно-вулканогенная толща ранне-среднедевонского возраста. Рудовмещающие породы представлены лавами, лавобрекчиями и пирокластами кислого состава, туффитами и кремнистыми сланцами. Общая мощность рудовмещающей толщи 800м. Эти породы перекрыты отложениями андезит-базальтовой формации среднего девона мощностью более 1000м.

Месторождение Гай приурочено к стратовулкану, который сложен лавобрекчиями и вулканическими туфами базальтового и липарит-дацитового состава. Жерло вулкана выполнено несколькими поколениями некков, экструзивов и субвулканических тел. Над жерловиной находится кратерно-кальдерная депрессия с базальтовыми лавами, туфами и туффитами (рис.13).

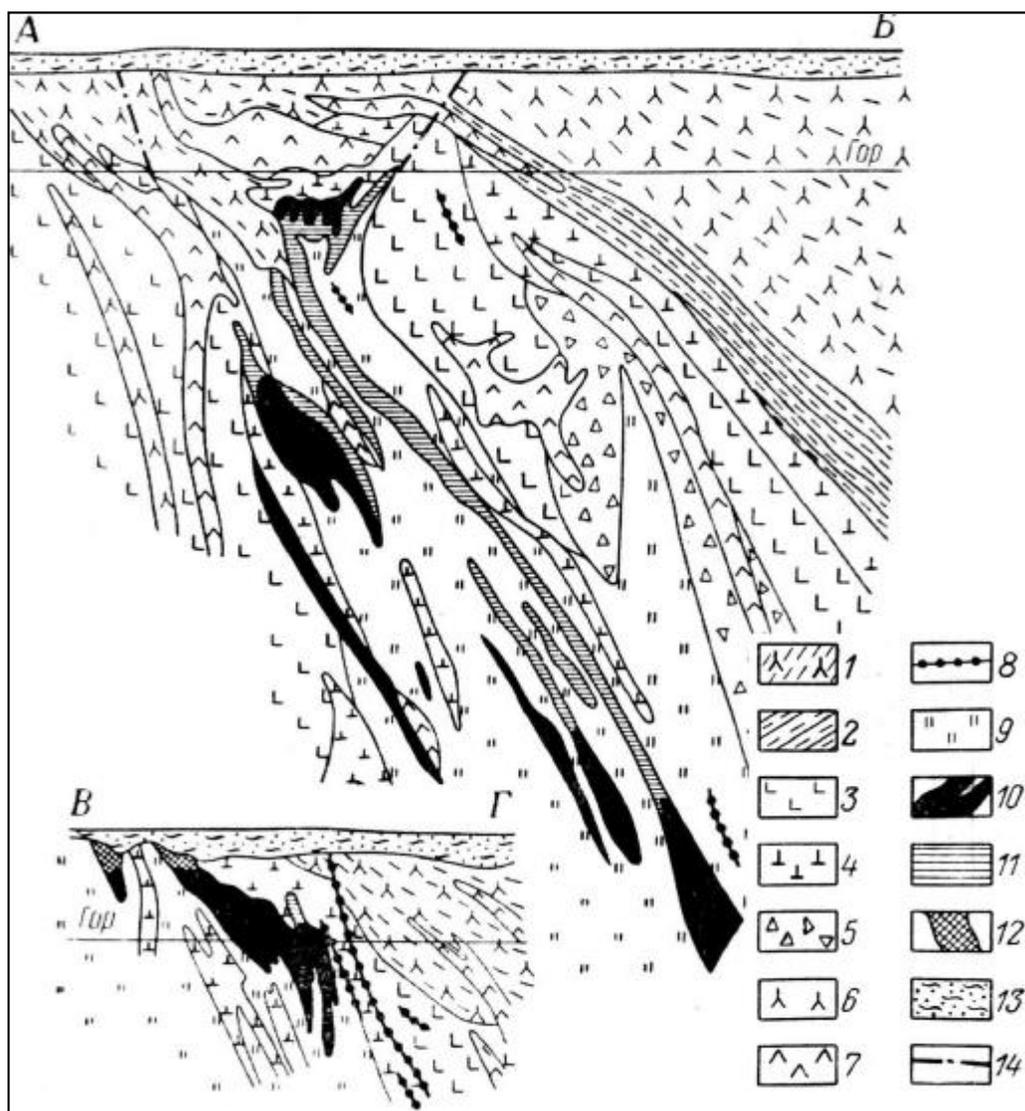


Рис.13 Геологические разрезы Северного (АБ) и Южного (ВГ) участков Гайского месторождения (по материалам Гайского бурового участка и комбината): 1—2 — верхняя (надрудная) толща: 1 - лавы, туфы и агломераты плагиоклазовых и пироксен-плагиоклазовых диабазовых порфиритов и спилитов, 2 - слоистые переотложенные туфы смешанного состава; 3—5 — нижняя (рудовмещающая) толща: 3 - туфы, туфоагломераты и туфобрекчии смешанного липарито-дацитового и андезито-дацитового состава с подчиненными прослоями лав того же состава, 4 - субвулканические кварцевые липарито-дациты, частично жерловые порфирокластические игнимбриты и спекшиеся туфы липарито-дацитового состава, 5 - взрывные брекчии полимиктового состава; 6 - плагиоклазовые диабазовые порфириты; 7 - габбро-диабазы (силлы, дайки, тела неправильной формы); 8 — афировые миндалекаменные диабазы; 9 -кварц-серицитовые, серицит-кварцевые и кварцевые метасоматиты преимущественно по неравномернообломочным брекчиям липаритового состава, частично по субвулканическим и жерловым липаритовым и липарито-дацитовым порфи-

рам; 10 - сплошные колчеданные руды; 11-вкрапленные руды; 12 - образования типа «железной шляпы»; 13 - рыхлые песчано-глинистые мезокайнозойские отложения; 14 — тектонические нарушения.

На месторождении выделяются два типа рудных тел. В верхней части месторождения находится согласное тело богатых цинково-медно-колчеданных руд вулканогенно-осадочного происхождения, они выполняют вулканическую кальдеру. Ниже ее распространены бедные колчеданные и медно-колчеданные руды вулканогенно-метасоматического происхождения.

Форма рудных тел (около 50) – жилы, неправильные залежи. Мощность от первых метров до 100 м и более. Рудные тела уходят на глубину 1000 – 1200м.

Текстуры руд сплошные и вкрапленные, отношение сплошных и вкрапленных руд 2:1. Сплошные руды по составу подразделяются на медные, медно-цинковые и серноколчеданные, отношение 10 : 5 : 1.

Минеральный состав: главные минералы руд – пирит, халькопирит, сфалерит, присутствуют блеклые руды, борнит, галенит, самородные золото и серебро, из рассеянных элементов в заметных количествах отмечены кадмий, селен, теллур и германий. Руды сопровождаются кварцевыми и кварц-серицитовыми метасоматитами.

Возраст Гайского месторождения аналогичен возрасту рудовмещающих пород нижнего-среднего девона. Температура образования от 350 – 400° на ранних стадиях до 170 – 150° на заключительных стадиях рудообразования.

На поверхности руды подверглись интенсивному окислению до глубины 10 – 40 м с образованием зон бурых железняков, кварц-пиритовых сыпучек. Зона вторичных сульфидов развита неравномерно и распространяется до глубины 100 – 120м. Она отличается наличием сажистых руд с халькозином и ковеллином.

УДОКАНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

гидротермальное (стратиформное), формация медистых песчаников Месторождение находится в Читинской области, северо-восточнее оз. Байкал, в пределах крупного раннепротерозойского Кадаро-Удоканского прогиба в архейском кристаллическом фундаменте, который сложен метаморфизованными карбонатно-терригенными отложениями удоканской свиты нижнего протерозоя мощностью до 12 км.

Удоканское месторождение приурочено к брахисинклинали северо-западного направления (рис.14). Общая площадь месторождения около 30 кв.км. Ядро синклинали сложено свитой алевролитов, аргиллитов и песчаников. Ниже залегает рудовмещающая толща, выходящая на поверхность в бортах синклинали. В составе толщи преобладают (около 95%) серые и розовато-серые ритмично переслаивающиеся песчаники с известковистым цементом, представляющие отложения лагунного бассейна и дельты.

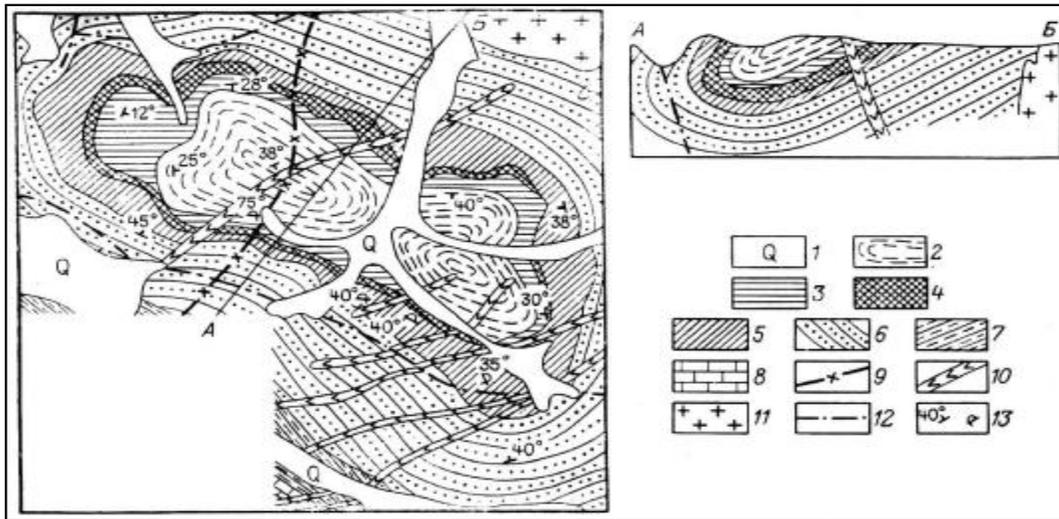


Рис.14 Схема геологического строения месторождения Удокан по Э.Грингалю и В.Чечеткину: 1 — четвертичные отложения, 2 — намингинская свита — алевролиты, песчаники, аргиллиты; 3—5 — верхняя подсвита сакуканской свиты: 3 — надрудная пачка (известковистые и кварцитовые песчаники, алевролиты), 4 — рудная пачка (известковистые и кварцитовидные песчаники, алевролиты), 5 — подрудная пачка (кварцитовидные и известковистые песчаники, алевролиты, конгломератобрекчии); 6 — средняя подсвита сакуканской свиты — магнетитсодержащие песчаники, гравелиты; 7 — нижняя подсвита сакуканской свиты — песчаники, филлитовидные сланцы, гравелиты, конгломератобрекчии; 8 — бутунская свита — известняки, алевролиты, известковистые песчаники; 9,10 — дайки: 9 — граносиенит-порфиров, 10 — габбродиабазов; 11 — граниты чуйско-кодарского комплекса; 12 — тектонические нарушения; 13 — элементы залегания.

Меденосный горизонт (мощность от 50 до 270 м), приуроченный к средней части разреза толщи, включает четыре рудоносных уровня. Рудные тела залегают согласно и имеют пластообразную, лентовидную и линзообразную форму. Протяженность их достигает 2 – 3 км, мощность от 0,3 до 30 м.

Главные рудные минералы: халькозин, борнит, халькопирит, второстепенные – магнетит и гематит. Текстуры руд - вкрапленные, слоистые, пятнистые, брекчиевые, структуры – цементные.

Установлены три типа руд: пирит-халькопиритовые, халькопирит-борнитовые и борнит-халькозиновые. Снизу вверх в рудоносных уровнях отмечается смена пирит-халькопиритовых руд борнит-халькозиновыми.

Содержание меди колеблется от 1,34 до 1,67%. Наиболее богатые залежи с содержанием меди до 6% находятся в северной части месторождения. Попутные компоненты – серебро (около 13 г/т), золото (0,5 г/т), в концентратах отмечаются Re, Se, Te, Zn, Co. Запасы меди около 20 млн.т.(20,9% от общероссийских).

На месторождении развита зона окисления. Из вторичных минералов широко распространены малахит, брошантит, ковеллин, халькозин, гидроокислы железа.

Выделяются четыре стадии рудообразования. В первые две стадии (седиментационную и катагенетическую) формировались главные промышленные руды. Они были изменены в последующие стадии – сначала в результате регионального метаморфизма, а затем контактового метаморфизма.

СВИНЕЦ И ЦИНК

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения:

скарновые, формация скарново-полиметаллическая; гидротермальные (плутоногенные), формации жильных руд и метасоматических залежей; колчеданные, формация колчеданно-полиметаллическая; стратиформные, формация свинцово-цинковых руд в карбонатных породах.

Основными источниками получения свинца и цинка являются колчеданные и стратиформные месторождения. В качестве примера колчеданно-полиметаллических месторождений приводится описание одного из месторождений Рудного Алтая.

РИДДЕР-СОКОЛЬНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

колчеданное, формация колчеданно-полиметаллическая

Месторождение находится в Рудном Алтае. Район сложен метаморфическими сланцами нижнего палеозоя и преимущественно девонскими вулканогенно-осадочными отложениями мощностью более 2000 м: лавами, лавобрекчиями, туфами, алевропелитами, аргиллитами, алевролитами.

Пологоскладчатые вулканогенно-осадочные отложения слагают межвулканическую депрессию. В северной ее части находится Риддер-Сокольный палеовулкан. На южном склоне палеовулкана развиты куполовидные структуры. К сводовым частям купольных структур приурочено оруденение, локализованное в туфах кислого состава.

Рудные тела обычно имеют весьма выразительную медузообразную форму. Верхняя часть залежи представляет собой пластообразное, линзовидное тело сплошных руд, согласно залегающее, вниз от него отходят многочисленные апофизы, представленные жильными телами и минерализованными штокверковыми зонами (рис.15). Эта корневая система локализована в трещинных рудоподводящих зонах.

Вмещающие породы изменены, в результате процессов окварцевания, серицитизации и хлоритизации они превращены в кварциты, хлоритолиты, серицитолиты.

Главные рудообразующие минералы – сфалерит, галенит, халькопирит и пирит, второстепенные – блеклые руды, арсенопирит, золото, серебро.

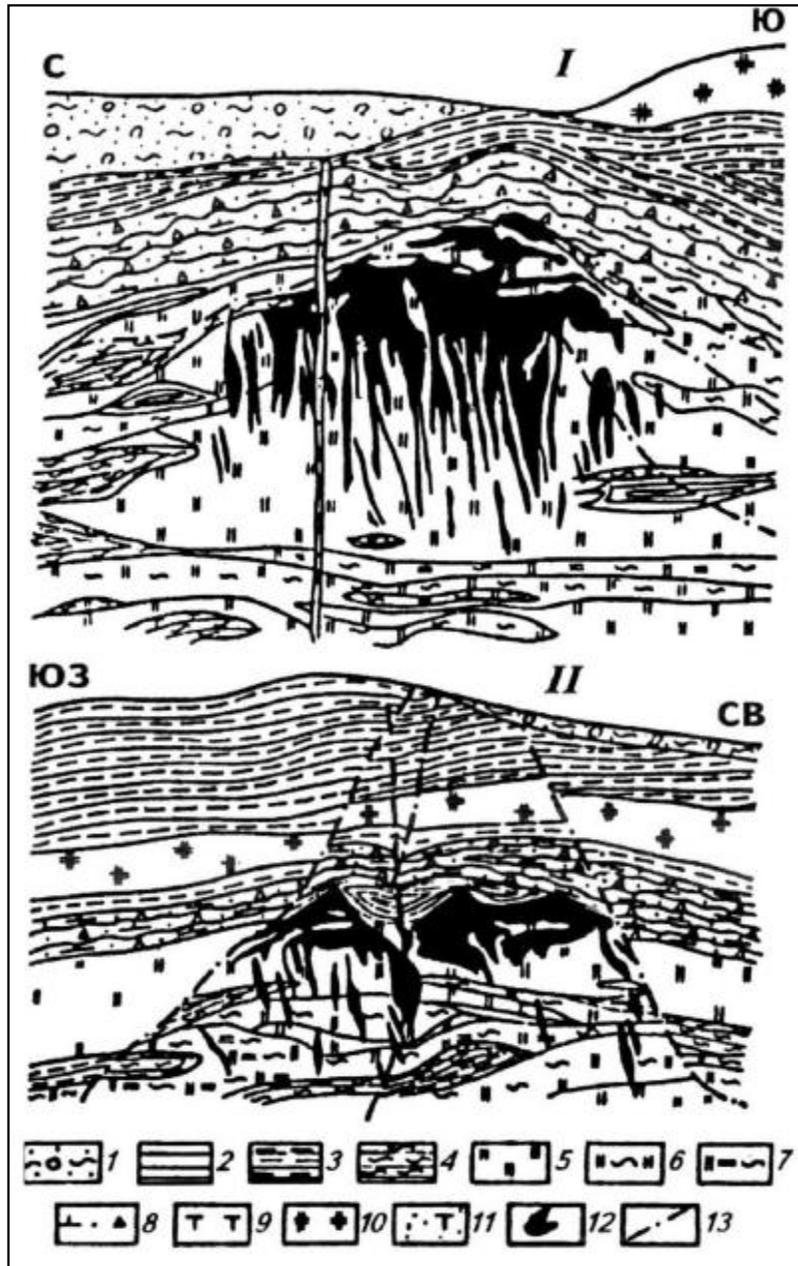


Рис.15 Разрезы рудных залежей Риддер-Сокольного месторождения:
 I - Юго-Западная, II - Победа (по данным Лениногорского рудника)
 1 — рыхлые отложения; 2 — алевропелиты; 3 - известковистые алевропелиты; 4 - серицитизированные алевропелиты; 5 – микрокварциты; 6 - серицит-хлорит-кварцевые породы; 7 - серицитизированные микрокварциты; 8 - агломератовые туфы смешанного состава; 9 - миндалекаменные плагио-оклазовые порфириты; 10 - кварцевые альбит-порфиры; 11 - диабазы и диабазовые порфириты; 12 - полиметаллическая руда; 13-разломы.

Редко встречаются борнит, молибденит, самородный висмут, висмутин и др. Среди нерудных преобладают кварц, карбонаты, серицит, хлорит,

барит. Зональность отчетливо выражена в смене (снизу вверх) серноколчеданных, медноколчеданных, медно-цинковых, свинцово-цинковых и барит-свинцово-цинковых руд.

Текстуры руд – массивные, слоистые, колломорфные, брекчиевые, прожилково-вкрапленные.

Содержания металлов в пластовых телах: Pb - 4%, Zn - 6%, Cu - 0,3%, Au -3г/т, Аq -8 г/т, прожилковые руды содержат Pb - 0,9%, Zn – 2,2%, Cu -0,4%, Au -5 г/т, Аq -20г/т, штокверковые руды корневых частей включают Pb – 0,3%, Zn – 1,0%, Cu – 2,3%, Au – 1,3г/т, Аq – 1,5г/т.

АЛЮМИНИЙ

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения:

магматические, массивы щелочных пород.

Экзогенные месторождения:

месторождения коры выветривания (остаточные);

осадочные месторождения.

Основное промышленное значение имеют бокситы остаточных и осадочных месторождений, которые представлены Висловским месторождением и одним из месторождений Северо-Уральского бокситоносного района – Красная Шапочка.

ВИСЛОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

остаточное, древняя латеритная кора выветривания

Месторождение находится в Белгородском бокситоносном районе КМА. Бокситы образовались за счет глубокого химического выветривания в карбоне нижнепротерозойских филлитовидных сланцев курской серии и амфиболовых сланцев михайловской серии.

Площадная кора выветривания имеет мощность от 5 до 170 м. В тектонически ослабленных зонах развита линейная кора, достигающая глубины 700м от поверхности древнего фундамента. Глубина залегания бокситов под перекрывающими породами палеозойского, мезозойского, кайнозойского возраста 450 – 600м.

Длина бокситовых залежей месторождения достигает нескольких десятков километров, ширина – несколько сотен метров, мощность - нескольких метров (рис 16).

Наиболее качественные бокситы (бемит и бемит-гиббситового состава) приурочены к верхним частям коры. Текстуры – полосчатые, сланцеватые и псевдобобовые, унаследованы от материнских пород.

Бокситы хорошего качества содержат Al_2O_3 – 48 -50 %, SiO_2 – 7 -11%, Fe_2O_3 – 12-13%. Запасы бокситов составляют 80 млн.т.

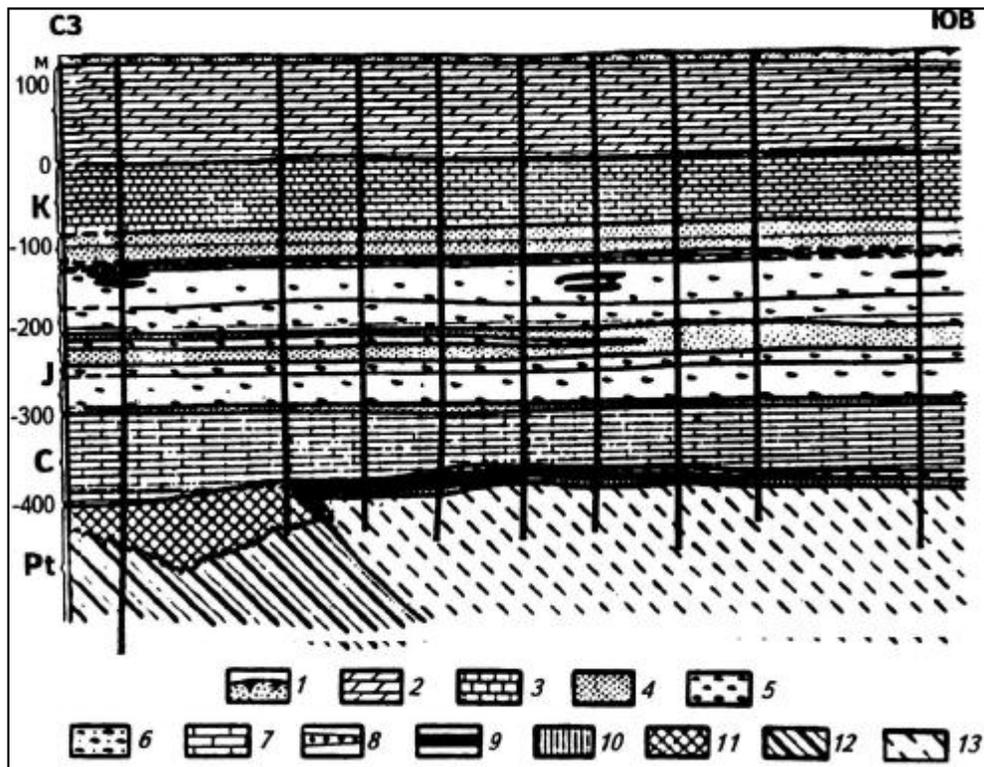


Рис.16 Геологический разрез Висловского месторождения: 1 - четвертичные суглинки; 2 – мергели; 3 – мел; 4- пески; 5 – глины; 6 - глинистые пески, песчаные глины; 7 – известняки; 8, 9 – бокситы; 10- аллиты; 11 -мартитовые и мартит-гидрогематитовые руды; 12 - магнетитовые кварциты; 13 - филлитовидные и хлорит-серицитовые сланцы.

СЕВЕРО-УРАЛЬСКИЙ БОКСИТОНОСНЫЙ РАЙОН (СУБР)

осадочное геосинклинального типа

Северо-Уральский бокситоносный район находится на восточном склоне Северного Урала. В этом районе известны (с севера на юг) Ивдельская, Северо-Уральская и Карпинская группы месторождений. Северо-Уральская - основная группа состоит из шести месторождений, включая Красную Шапочку.

Месторождения приурочены к плоской меридионально вытянутой депрессии, сложенной известняками и сланцами силура-девона. Бокситы залегают на размытой закарстованной поверхности известняков нижнего девона. Кровля бокситов ровная, представлена битуминозными известняками и мергелями (рис.17). Источником глинозема для образования бокситов были коры выветривания верхнесилурийских вулканитов основного состава.

Залежи бокситов имеют пластообразную форму, падение на восток под углом 24 – 45°. Рудный горизонт подразделяется на два подгоризонта:

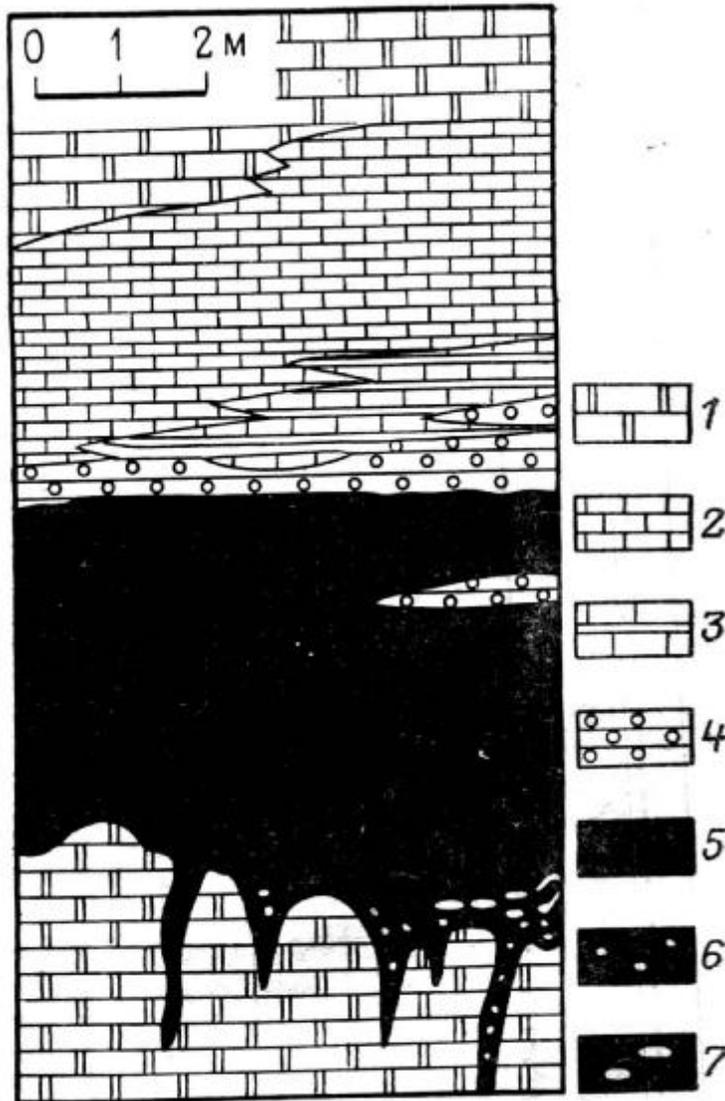


Рис.17 Обобщенная геологическая колонка девонских бокситовых залежей Северного Урала. По Г. Бушинскому: 1, 2— известняки: 1 — светло-серые, массивные, 2 — темно-серые; 3 — мергели с прослоями известняков; 4, 5 — бокситы: 4 — серые, слоистые, с морской фауной, 5 — красные; 6,7 — соответственно обломки и галька известняка в боксите.

нижний — красные, марки, немарки и яшмовидные бокситы; верхний — пестроцветные пиритизированные бокситы. Мощность красных бокситов изменяется от нескольких сантиметров до 20 метров, реже более. Мощность пестроцветных достигает 3м.

По минеральному составу красные бокситы относятся к диаспоровым, яшмовидные и пестроцветные — к диаспор-бемитовым. Текстура бокситов — слоистая и бобовая. Красные бокситы характеризуются высоким качеством и содержат Al_2O_3 — 53-55%, SiO_2 — 2-6%, Fe_2O_3 — 23-25%, CaO — 1,6-2,3%, S — 0,1-0,4%. Они составляют основную массу запасов разведанных месторождений — 185 млн.т.

**МАЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ
В ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ (Sn, Hg, Sb)**

ОЛОВО

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения:

пегматитовые (формация оловоносных пегматитов);

скарновые (формация оловорудных скарнов);

гидротермальные (плутоногенные): формации кварц-касситеритовая
и сульфидно-касситеритовая;

гидротермальные (вулканогенные), формация олово-серебряная.

Экзогенные месторождения:

россыпи.

Наибольшее промышленное значение имеют гидротермальные (плутоногенные) месторождения как кварц-касситеритовой, так и сульфидно-касситеритовой формации. Для России особенно значимы месторождения сульфидно-касситеритовых руд, которые рассматриваются на примере Комсомольского оловорудного района.

*КОМСОМОЛЬСКИЙ ОЛОВОРУДНЫЙ РАЙОН (ФЕСТИВАЛЬНОЕ
МЕСТОРОЖДЕНИЕ)*

плутоногенно-гидротермальное, формация сульфидно-
касситеритовая

Фестивальное является одним из месторождений Комсомольского рудного района Приамурья, расположенного в узле пересекающихся тектонических разломов.

Район сложен осадочными и вулканогенными образованиями юры и мела, прорванными многочисленными интрузиями гранитоидов различного состава (рис.18).

Минерализованные зоны, связанные с зонами повышенной трещиноватости и дробления, имеют крутое падение и прослеживаются на многие километры по простиранию при ширине до 100 м и более. В составе минерализованных зон центральное положение занимают мощные тела кварц-турмалиновых метасоматитов (с апатитом и топазом), сопровождаемые внешними зонами серицитизации и окварцевания или пропилитизации. Местами минерализованные зоны рассечены продольно ориентированными кварцевыми жилами с касситеритом, а также кварц-сульфидными жилами с пирротинном и халькопиритом и более поздними кварц-карбонатными жилами с полиметаллическим (галенит, сфалерит) оруденением.

На месторождении контрастно проявлена вертикальная зональность со сменой вверх по разрезу собственно оловянных руд медными. Нижняя

часть рудных зон сложена кварцем и касситеритом, обилён арсенопирит, встречаются более поздние халькопирит, пирротин, реже галенит и



Рис.18 Схематическая геологическая карта месторождения Фестивального. По В. Онихимовскому, И Селезеву и др.: 1 — аллювиальные отложения; 2 — базальты и долериты неогена; 3 — кора выветривания под третичными базальтами; 4 — андезиты, лавы и туфы андезитов, кварцевые порфиры верхнего мела (амурская свита); 5 — конгломераты, кварцевые порфиры, лавы и туфы кварцевых порфиров нижнего мела (холдаминская свита); 6 — песчаники верхней юры с подчиненными алевролитами (силинская свита); 7 — песчаники и алевролиты средней юры (ульбинская свита); 8 — гранитоиды повышенной основности; 9 — минерализованные зоны; 10 — разрывные тектонические нарушения.

сфалерит. Выше состав руд меняется: возрастает количество сульфидов (в особенности халькопирита). Помимо халькопирита сульфиды представлены арсенопиритом, галенитом, сфалеритом, пиритом, пирротинном. Касситерит обогащен примесью индия.

Рудоносные структуры и участки, вмещающие оруденение, характеризуются знакопеременными магнитными аномалиями интенсивностью 700-800 гамм, локальными аномалиями ЕП (до-650мв), аномалиями проводимости (400-1000омм) и ВП (до 30%).

РТУТЬ И СУРЬМА

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения:

гидротермальные (плутоногенные);

гидротермальные (вулканогенные);

стратиформные, формации: кварц-диккиит-киноварная, кварц-флюорит-антимонитовая, кварц-флюорит-антимонит-киноварная.

Основными источниками получения ртути и сурьмы в мире являются стратиформные месторождения, наиболее характерными примерами которых являются месторождения Никитовское и Кадамджай.

НИКИТОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

стратиформное, формация кварц-диккиит-киноварная

Месторождение находится в Донбассе и приурочено к среднекаменноугольным отложениям. Толща сложена сланцами, песчаниками с подчиненным количеством известняков и углей (рис.19).

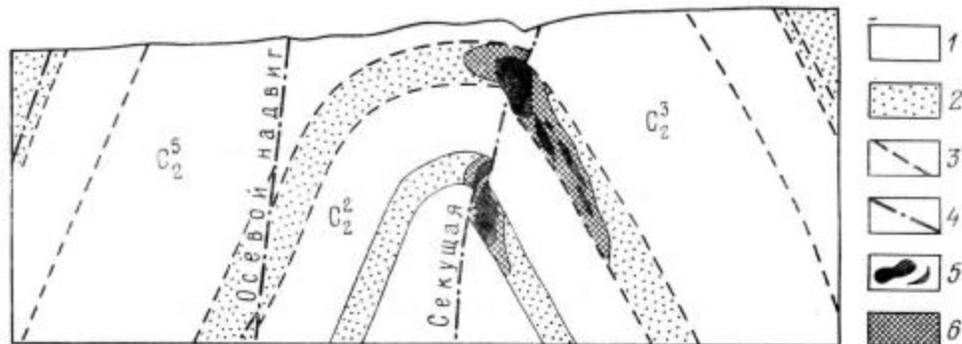


Рис.19. Геологический разрез месторождения Никитовка (по С. Кирикалице): 1—глинистые сланцы; 2 — песчаники; 3 — угли; 4 — разрывные нарушения; 5 — рудные тела; 6—минерализованные породы.

Рудные тела локализованы в горизонтах кварцевых песчаников мощностью от 5 до 50 м, разделенных мощными пачками безрудных сланцев. Основными рудовмещающими структурами являются куполовидные брахискладки, осложняющие антиклиналь субширотного простирания.

Оруденение многоярусное: семь горизонтов песчаников несут ртутную минерализацию. Рудные тела пластообразной и линзообразной формы, есть жилы, которые размещаются в сводовых частях брахискладок.

Руды монометалльные: главный минерал – киноварь. Содержание ртути в рудах – 0,4 -1,3%. Иногда встречаются небольшие гнезда антимонита, пирита, вкрапленность арсенопирита, еще реже галенита и сфалерита. Жильные минералы руд – диккит, кварц, карбонаты.

Текстуры вкрапленные, прожилковые, реже массивные и брекчиевые.

Вмещающие песчаники интенсивно окварцованы, иногда наблюдаются проявления процессов аргиллизации, карбонатизации.

Возраст оруденения позднегерцинский. Отмечается отсутствие видимой связи оруденения с проявлениями магматизма.

КАДАМДЖАЙСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ стратиформное, формация кварц-флюорит-антимонитовая

Месторождение находится в Киргизии, где входит в состав Южно-Ферганского сурьмяно-ртутного пояса. Оно приурочено к Акташской антиклинали, сложенной известняками, мергелями и глинистыми сланцами среднего карбона. Рудное поле осложнено многочисленными разломами, которые являлись рудоподводящими структурами.

Оруденение локализуется в окварцованных и брекчированных мергелях и известняках. Рудное тело представляет пластообразную седловидную залежь мощностью до 40м, вдоль разлома она прослеживается на 2 км (рис.20).

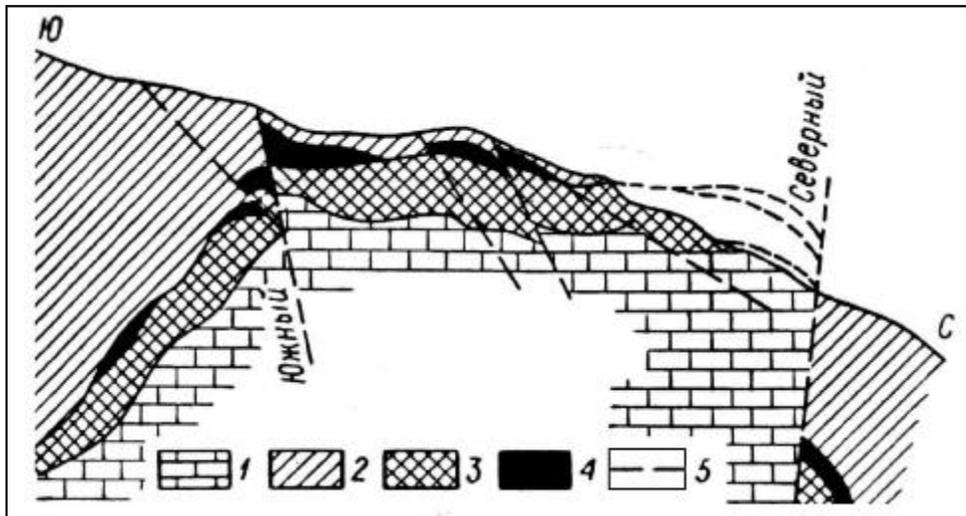


Рис.20. Поперечный разрез рудного тела месторождения Кадамджай по А. К. Полякову: 1 — известняки; 2 — сланцы; 3 — бедная руда; 4 — промышленная руда; 5 — сбросы.

Текстуры руд брекчиевые, массивные, вкрапленные, полосчатые, прожилковые, друзовые.

В составе руд основное значение имеют антимонит и кварц, меньшее – флюорит, кальцит, очень редко отмечаются реальгар, аурипигмент, халькопирит, сфалерит, галенит, диккит. Содержание сурьмы достигает 5%. В зоне окисления присутствуют валентинит, гидросервантит.

Широкое развитие брекчиевых и метаколлоидных текстур указывает на небольшие и умеренные глубины формирования руд.

Из геофизических методов наиболее эффективной оказалась электроразведка методом вызванной поляризации. Интенсивные аномалии ВП наблюдаются над зонами пиритизации с золотом, менее интенсивные – над сурьмяным оруденением.

БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ

ЗОЛОТО

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения:

скарновые, формация золоторудных скарнов; гидротермальные (плутоногенные), формации: золото-кварцевая, золото-кварц-сульфидная; гидротермальные (вулканогенные), формация золото-серебряная;

Экзогенные месторождения:

зона окисления сульфидных месторождений;
россыпи.

Метаморфогенные месторождения:

осадочно-метаморфизованные, формация золотоносных конгломератов; метаморфические, черносланцевая формация.

Основным геолого-промышленным типом в зарубежных странах являются осадочно-метаморфизованные месторождения докембрийских золотоносных конгломератов (40% выявленных ресурсов золота). Месторождения этого типа являются главным источником золота во многих зарубежных странах (ЮАР – Витватерсранд, Канада, Бразилия). Их уникальность определяется как значительными размерами, так и комплексным составом руд, в которых наряду с золотом и ураном содержатся серебро и платиноиды. Значительную роль приобретают месторождения, образующиеся в зонах динамометаморфизма черносланцевых толщ, обогащенных золотом. В России большое значение имеют россыпные и гидротермальные месторождения. В качестве примера рассматривается Березовское месторождение.

БЕРЕЗОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

гидротермальное (плутоногенное), формация золото-кварц-сульфидная

Березовское месторождение находится на Среднем Урале. Район месторождения сложен вулканогенно-осадочными породами верхнего карбо-

на-нижнего девона, окруженными гранитоидами. Преобладают переслаивающиеся кремнисто-глинистые и кремнисто-углистые сланцы, туффиты, филлиты, туфопесчаники, туфобрекчии. Многочисленные дайки сложены плагиогранит-порфирами, лампрофирами, гранодиорит-порфирами. Пучки даек имеют близмеридиональное и близширотное простирание. В тесной пространственной связи с дайками находятся золоторудные жилы (рис.21).

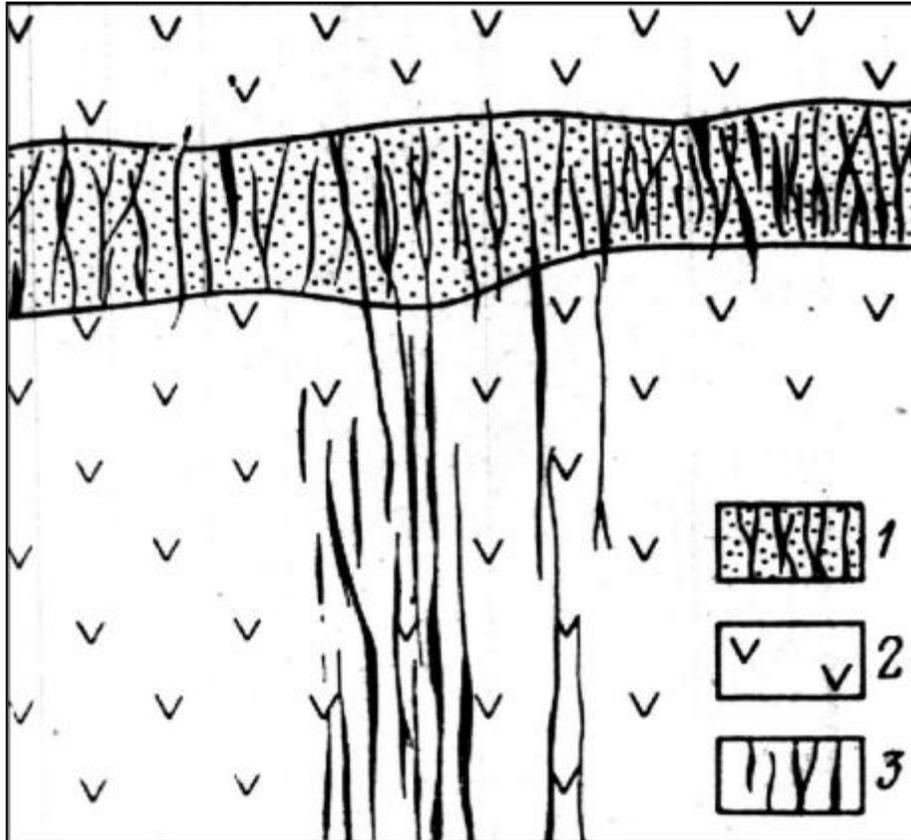


Рис.21. Фрагмент Березовского месторождения. По М. и Н. Бородаевским (1947): 1 – березитизированная дайка гранит-порфира с лестничными жилами; 2 – зеленокаменные породы; 3 – “красичные жилы”.

По условиям размещения выделяют золоторудные жилы в гранитоидных дайках, это так называемые “полосовые” или “лестничные” жилы и жилы, залегающие вне даек среди вулканогенно-осадочных пород – “красичные”. Лестничные жилы преобладают. Это крутопадающие жилы, их протяженность определяется мощностью даек.

Жилы сложены кварцем нескольких генераций, присутствуют доломит и кальцит. Рудные минералы (2 -10%) – пирит, тетраэдрит, галенит, халькопирит, шеелит. Золото мелкое пылевидное, распределено неравномерно, преимущественно в местах скопления сульфидов. Пробность золота 800-930. Околорудные изменения: лиственитизация гипербазитов и осадочно-вулканогенных пород, березитизация жильных гранитоидов.

Текстуры руд прожилковые, прожилково-вкрапленные и вкрапленные.

Отмечается зона окисления, в которой присутствуют малахит, гидроокислы железа и самородное золото.

Из геофизических методов на месторождении широкое применение нашли различные модификации метода электропрофилеирования. Другим полезным методом является метод пьезоэлектрического эффекта, позволяющий выявлять кварцевые жилы.

МЕСТОРОЖДЕНИЕ ВИТВАТЕРСРАНД

осадочно-метаморфизованное, формация золотоносных конгломератов

Самая крупная в мире группа месторождений золота находится в ЮАР к югу от Йоганнесбурга. Она расположена на площади 350 x 200 км.

Нижний структурный этаж сложен гранито-гнейсами архея, которые прорваны основными и кислыми интрузивными породами. Верхний структурный этаж – протерозойские отложения витватерсрандского и других комплексов. Золотоносная толща Витватерсранда состоит из ритмичных серий конгломератов, песчаников, сланцев (рис.22).

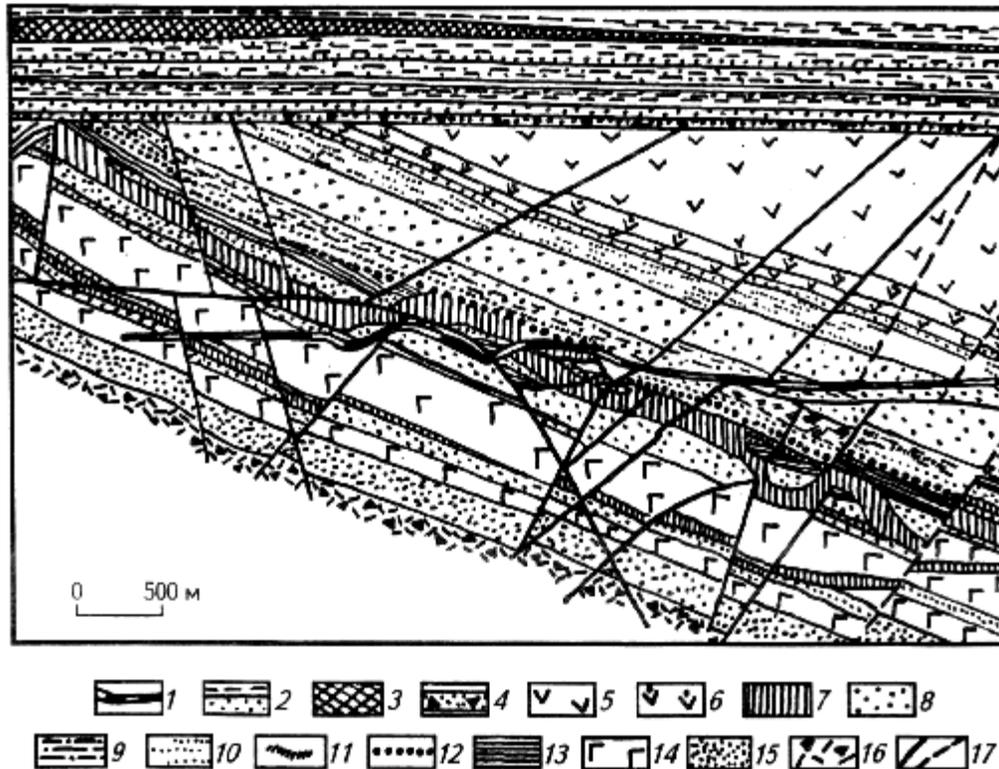


Рис.22 Рудоносные конгломераты рудника Лесли-Голд, Витватерсранд (поК.Твидлу): 1-4 - палеозой: 1 - дайки долеритов, 2 - угленосные отложения, 3 - долериты, 4 - породы основания; 5-16 - протерозой: Вентердорпская система - 5- амигдалоидные лавы, 6 - порфириты и их туфы, 7 - диабазы (силлы), 8-16 - Витватерсрандская система - формация Ким-

берли-Эльсбург: 8 - сланцы, 9— кварциты, 10-зона прерывистых рифов, 11 - зона кварцитов, 12 -риф Кимберли, 13 — сланцы Кимберли, формация Мейн-Берд, 14 - амигдалоидные лавы, 15 - кварциты, 16- голубые гравелиты; 17 -разрывные нарушения.

Пачки рудоносных конгломератов образуют так называемые “риффы”, содержащие золоторудную и урановую минерализацию. Рифы представляют собой группы сближенных горизонтов рудоносных конгломератов мощностью от первых метров до первых десятков метров. Мощность рифов от 30 до 400 м, протяженность по простиранию до 70 км, протяженность всей рудоносной полосы около 200 км.

Конгломераты сложены на 80% окатанной галькой кварца. Цемент имеет кварц-биотит-хлоритовый состав, содержит углистое вещество и рудную минерализацию. Рудные минералы концентрируются в цементе конгломератов, содержащем до 5 -10% сульфидов. Установлено более 70 минералов, в том числе пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит, арсенопирит, молибденит и др. Уран представлен уранинитом, тухолитом. Содержание U_3O_8 около 0,03%, установлены и более богатые руды – 0,22 - 0,34%.

Золото содержится в сульфидах и в виде мелких обломков. Содержание золота 8 – 20 и даже до 3000 г/т, пробность – 900-935. Встречаются самородное серебро, платиноиды, алмазы. Из руд этого самого крупного месторождения золота было извлечено 45325 т золота, 1500т серебра, 1500т платиноидов, 100 тыс.т урана.

Рудные тела вскрыты горными выработками на глубине 3600 м и скважинами – 4600м.

МЕТАЛЛЫ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ (МПГ)

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения:

собственномагматические (раннемагматические);
 собственномагматические (позднемагматические);
 собственномагматические (ликвационные)

Экзогенные:

россыпи.

Техногенные месторождения

По запасам и добыче платиноидов Россия занимает одно из ведущих мест в мире. При этом 99,4% запасов приходится на сульфидные медно-никелевые руды (месторождения Норильской группы были рассмотрены ранее). Позднемагматические изучаются на примере Нижне-Тагильского месторождения.

НИЖНЕ-ТАГИЛЬСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

собственномагматическое, позднемагматическое, хромит-платиновая формация

Это типичное месторождение платиноидов входит в платиновый пояс Урала, связанный со среднепалеозойскими гипербазитами, контролируемые глубинным разломом (рис.23)



Рис.23. Схематическая геологическая карта Нижне-Тагильского платиноносного массива (по Н.Высоцкому): 1 - россыпи платины и золота; 2 — четвертичные отложения; 3 - апогаббровые и аподиоритовые амфиболиты; 4 - габбро-диориты; 5 - уралитизированные габбро; 6 - аподунитовые и аподиоритовые амфиболиты; 7 – аподунитовые серпентиниты; 8 — дуниты; 9 – известняки.

Нижне-Тагильский массив дифференцирован: его центральная часть сложена дунитами, местами серпентинизированными, ее окаймляет полоса пироксенитов, которая сменяется зоной габбро.

Платиноиды представлены убогой рассеянной вкрапленностью в дунитах или имеют форму гнезд и трубообразных тел хромитов с повышенной концентрацией платиноидов. Состав руд: хромшпинелиды, поликсен, иридиевая платина, реже встречается осмистый иридий, платинистый иридий. Мощность рудных тел от нескольких сантиметров до 6 -7 м. Протяженность – десятки, первые сотни метров. Содержание платиноидов – десятки-сотни г/т. Были встречены платиновые самородки, наиболее крупный из них весил 427г.

Наиболее эффективным геофизическим методом является магниторазведка.

II. МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Излагаются в последовательности, соответствующей их промышленной классификации.

ГРУППА ИНДУСТРИАЛЬНОЕ СЫРЬЁ

Алмазы. Слюды (мусковит, флогопит). Асбесты (хризотил-асбест, амфибол-асбесты). Исландский шпат. Глины, глинистые породы. Магнезит. Графит. Флюорит. Тальк. Барит.

ГРУППА ХИМИЧЕСКОЕ И АГРОНОМИЧЕСКОЕ СЫРЬЁ

Фосфатное сырьё (апатиты и фосфориты). Серное сырьё. Минеральные соли. Борное сырьё. Группа месторождений строительных материалов (и сырья для их производства) в настоящем пособии не рассматриваются.

ИНДУСТРИАЛЬНОЕ СЫРЬЁ

АЛМАЗЫ

Промышленные типы месторождений.

Эндогенные месторождения:

Магматические (раннемагматические) - формация алмазоносных кимберлитов, формация алмазоносных лампроитов.

Экзогенные месторождения:

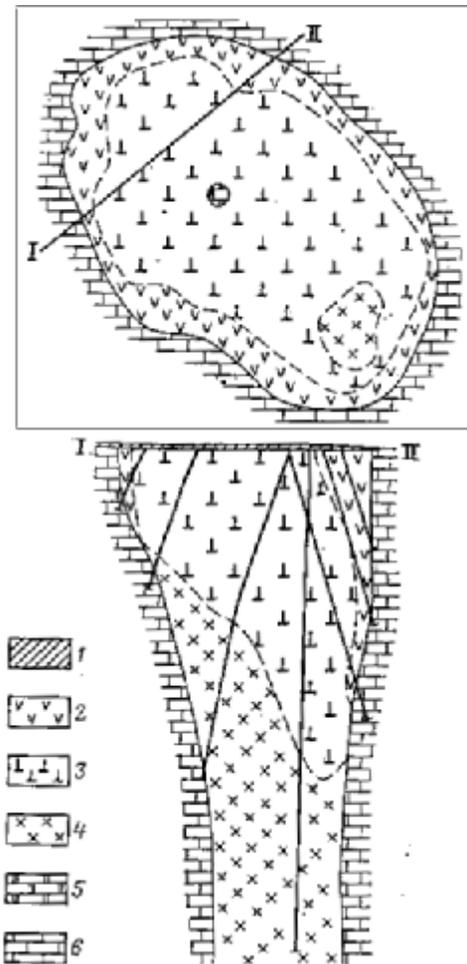
Континентальные россыпи – элювиальные, делювиальные, аллювиальные, долинные, террасовые, пролювиальные, ложковые,

Прибрежно-морские россыпи – дельтовые, пляжевые, террасовые, шельфовые.

Метаморфогенные месторождения:

Метаморфические, возникшие в условиях эклогитовой фации метаморфизма - формация алмазоносных эклогитов: связанные с импактными алмазоносными кольцевыми структурами.

Наибольшее промышленное значение имеют собственномагматические месторождения. В России 95% алмазов ювелирных и технических добывают из кимберлитовых трубок. За рубежом около 50% - из кимберлитовых трубок и около 30% из единственной в мире промышленно алмазоносной лампроитовой трубки Аргайл. С метаморфогенными месторождениями связаны только технические сорта алмазов.



ТРУБКА «МИР»

раннемагматическое, формация
алмазоносных кимберлитов

В Мало-Ботуобинском районе Якутии. Открыта в 1955 году Ю.Хабардиным. Трубка прорывает карбонатные породы нижнего ордовика. Контакты с более молодыми образованиями (песчано-глинистыми отложениями нижнеюрского возраста) не установлены. Сформирована в позднедевонское время. Трубка приурочена к глубинному разлому. В плане имеет эллипсовидную форму (490 м по длинной оси, 320 м по короткой), а в разрезе воронкообразную (рис. 24). На глубине 900-1000 м от поверхности переходит в серию даек. Трубка сложена кимберлитовой брекчией. Цементирующая масса представлена серпентин-карбонатным веществом. Среди обломков выделяются: 1) базальтоидные кимберлиты (преобладают); 2) глубинные ксенолиты (от-

Рис.24. Схематическая геологическая карта и разрез кимберлитовой трубки Мир. По А.П.Бобриевичу, М.Н.Бондаренко и др.

1-элювий; 2-4 – кимберлит: 2-измененный желтого цвета, 3-измененный зеленого цвета, 4-малоизмененный зелено-черного цвета; 5-крупный ксенолит («риф») карбонатных пород; 6-карбонатные породы нижнего ордовика.

торженцы вещества верхней мантии) – перидотиты, дуниты, эклогиты; 3) ксенолиты кристаллического фундамента – гнейсы и сланцы; 4) ксенолиты траппов и долеритов; 5) ксенолиты вмещающих известняков.

В цементирующей массе встречаются минералы-спутники алмаза: пирроп, пикроильменит, хромдиоксид, высокохромистый хромшпинелид, оливин (хризолит). Близ поверхности кимберлиты интенсивно изменены (на глубину около 30 м).

Алмазы в кимберлите распространены неравномерно. Содержание достигает до нескольких карат на 1 т. Максимальная алмазоносность в кимберлитах поздних фаз (3-й и 4-й). Вес зёрен от 0.1-0.2 до десятков карат. Форма алмазов – октаэдры, реже ромбододекаэдры. Большинство алмазов бесцветны.

Имеется несколько точек зрения на происхождение алмаза. Наиболее обоснована мантийная гипотеза (А.Дю-Тойт, А.А.Кухаренко, Е.В.Франценсон и др.). Алмаз кристаллизовался в кимберлитовой магме на месте её формирования в верхней мантии и частично во время её подъёма в промежуточные очаги. Одновременно кристаллизовались высокохромистые минералы-спутники.

По данным магниторазведки трубка выражена положительной магнитной аномалией овальной формы напряженностью в 360 нТл. Гравиразведкой трубка фиксируется изометричным минимумом, амплитуды которого около 1 мГал. Радиометрическими методами трубка фиксируется отрицательной аномалией гамма-поля.

ТРУБКА «АРГАЙЛ»

раннемагматическое, формация алмазоносных лампроитов

Находится в Западной Австралии в зоне сочленения протерозойского складчатого пояса Холлс-Крик с восточным флангом архейского кратона Кимберли. Прорывает моноклинально залегающие образования раннего и среднего протерозоя (рис.25). Наиболее древние породы участка гранитоиды и метаморфиты. Севернее распространены платобазальты кембрийского возраста.

Диатремовое тело Аргайл вытянуто в субмеридиональном направлении на 2 км. Ширина меняется от 150 до 600 м. В поперечных сечениях форма диатремы воронко- и дайкообразная. Предполагается, что трубка эродирована на 400 м (кратерная зона отсутствует).

Трубка заполнена пирокластическим материалом, который прорван дайками оливиновых лампроитов мощностью 1-2 м. Выделяются две группы пирокластических пород – «песчаные» туфы (преобладают, слагают периферические части тела) и туфы оливиновых лампроитов (в центре северной части трубки).

«Песчаные» туфы – плотные литокристаллокластические породы, состоящие из округлых зёрен кварца (30-50%) и полностью замещённых тальком фенокристов оливина, окружённых тонкой каёмкой флогопита.

Связующая масса представлена перекристаллизованным пеплом лампроитов.

Туфы оливковых лампроитов сложены обломками лампроитов размером 0.5-4 мм (тальковые псевдомозоны по оливину погруженные в тальк-флогопитовую массу). Неизменный оливин отсутствует. Некоторые лампроитовые обломки содержат зёрна калиевого полевого шпата размером около 0.01 мм, которые, по-видимому, замещают первичный лейцит.

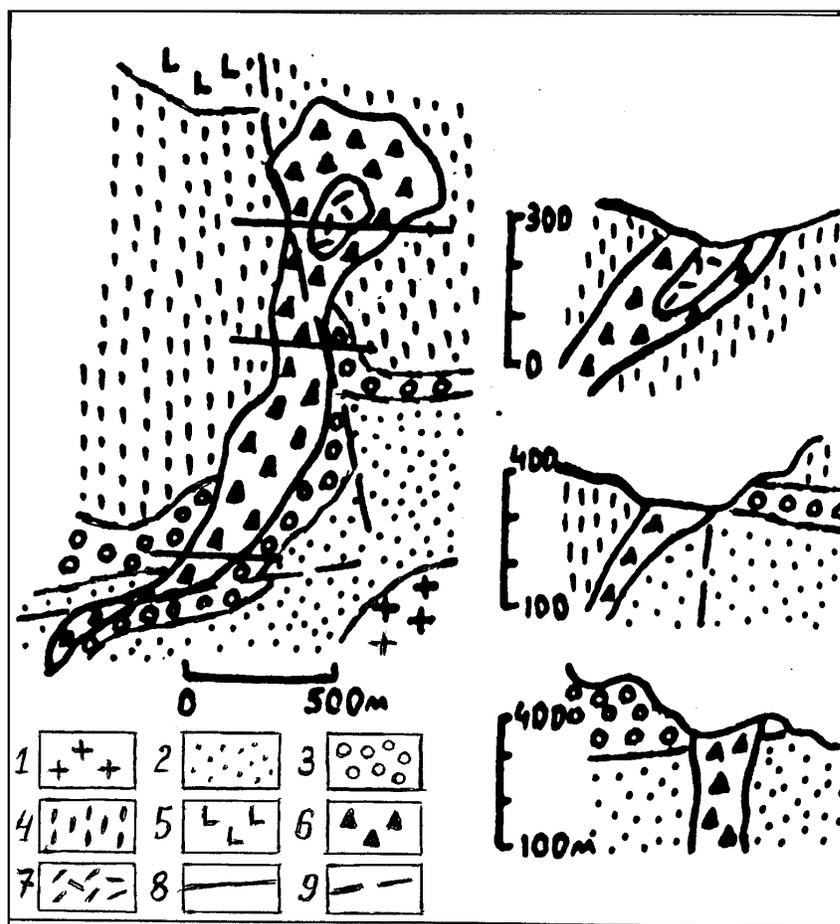


Рис.25. Схематическая геологическая карта и разрезы трубки Аргайл.

1 – гранитоиды и метаморфиты низнепротерозойского возраста; 2 – песчаники, аргиллиты, глинистые сланцы низнепротерозойского возраста; 3 – кварцевые песчаники среднепротерозойского возраста; 4 – гематитовые песчаники, глинистые сланцы, алевролиты среднепротерозойского возраста; 5 – платобазальты кембрийского возраста; 6 – «песчаные» алмазосодержащие туфы; 7 – туфы оливковых лампроитов; 8 – геологические границы; 9 – разломы.

От кимберлитов оливковые лампроиты отличаются более высокими содержаниями SiO_2 (38-45%), TiO_2 (7.3%), K_2O (4-12%) и низкими CaO (меньше 6%). Характерна обогащённость цирконием и барием.

Акцессорные минералы (выход тяжёлой фракции доли процента) в основном представлены титанистым магнезиохромитом. Пироп и хромдиопсид встречаются очень редко. Пикроильменит отсутствует. Характерны сфен и марганцевосодержащий (3-8% MnO) ильменит (MgO меньше 1%).

Наиболее высокие содержания алмазов 6.1-6.8 кар/т установлены в «песчаных» туфах южной части трубки. В северных «песчаных» туфах – 2.3 кар/т, лампроитовых – 0.7 кар/т. Жильные лампроиты неалмазоносны. Около половины алмазов представлены обломками кристаллов, остальные – шпинелевые двойники и округлённые кристаллы доэкаэдрического, реже октаэдрического габитуса. По окраске около 80% алмазов коричневые, 15% - жёлтые, остальные бесцветные и розовые. Общие запасы около 500 млн. карат. Около 15% алмазов ювелирные.

Разработка трубки начата с января 1986 года. Возраст лампроитов позднепротерозойский (1253-1048 млн. лет).

Вопросы генезиса лампроитов. Большинство исследователей считает, что лампроитовые магмы образуются в результате частичного плавления деплетированной верхней мантии лерцолитового (гарцбургитового) состава бедной диопсидом или гранатом. Деплетированный мантийный материал (до выплавления лампроитового расплава) был интенсивно метасоматизирован и сильно обогащён калием и другими некорегентными элементами. Селективное плавление метасоматизированного мантийного материала происходило при активном участии летучей фазы, которая была богата H₂O и F и обеднена CO₂. Лампроитовые магмы генерировались на меньших глубинах, чем кимберлитовые.

СЛЮДЫ

Промышленные типы месторождений мусковита

Эндогенные месторождения:

Магматические, формация мусковитоносных гранитоидов,
Пегматитовые, формация мусковитовых гранитных пегматитов,
Грейзеновые, формация мусковитоносных грейзенов.

Метаморфогенные месторождения:

Метаморфические, формация мусковитоносных гнейсов и сланцев

Единственный источник листового мусковита пегматитовые месторождения. В остальных типах месторождений добывают мелкочешуйчатый мусковит.

Промышленные типы месторождений флогопита

Эндогенные месторождения:

Карбонатитовые, флогопитоносная формация

Метаморфогенные

месторождения:

Метаморфические, возникшие в условиях амфиболитовой фации метаморфизма, формация флогопитоносных диопсидовых пород, связанных с магнезиальными скарноидами.

Карбонатитовые месторождения обладают значительно большими запасами и более высокими содержаниями флогопита, но метаморфогенные месторождения отличаются более высоким качеством флогопита (низким содержанием железа, обуславливающим высокие электроизоляционные свойства, и меньшей дефектностью кристаллов).

МУСКОВИТ

МЕСТОРОЖДЕНИЯ МАМСКО-ЧУЙСКОЙ МУСКОВИТОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

пегматитовые, формация мусковитовых пегматитов (единственный промышленный источник листового мусковита)

Провинция расположена на северо-востоке Иркутской области. Приурочена к Мамскому синклинию, вытянутому в северо-восточном направлении на расстоянии 300 км при ширине 35-60 км (рис.26). В ядре синклинория залегают породы мамской серии верхнеархейского - нижнепротерозойского возраста. Крылья синклинория и смежные антиклинальные структуры сложены гранитами – гранито-гнейсами Чуйского (на северо-западе) и Верхне-Мамского (на юго-востоке) массивов позднепротерозойского возраста.

Мамская серия разделяется на 3 свиты (рис. 26). Максимальная концентрация пегматитовых тел отмечается в осевой зоне синклинория, в полосе шириной до 20 км и протяженностью около 150 км.

Мусковитсодержащие тела пегматитов разнообразны. По условиям залегания выделяются секущие и согласные залежи. Среди согласных преобладают плитообразные и линзовидные тела, меньшее распространение имеют жилы и штоки. Секущие залежи разделяются на продольно- и диагонально-секущие жилы. К ним принадлежат и трубообразные залежи.

Размеры залежей достигают сотен метров в длину при мощности от метров до первых десятков метров.

Минеральный состав пегматитов простой: кварц, плагиоклаз (олигоклаз, олигоклаз-андезин), микроклин, мусковит, биотит. Важнейшими структурными разновидностями пегматитов являются гранитовидные (гипидиоморфнозернистые), графические (письменные) и блоковые (пегматоидные). Промышленную ценность имеют две генерации мусковита. К первой генерации относится гигантокристаллический мусковит, связанный с блоковыми пегматитами. Размеры кристаллов достигают 100-150 см. Содержание мусковита достигает 100-300 кг/м³.

Мусковит второй генерации (кварц-мусковитового замещающего комплекса) встречается во всех структурных разновидностях пегматитов. Размеры кристаллов не превышают 15-20 см. Содержание обычно в пределах 5-30 кг/м³. Минимальная площадь промышленных пластин листового мусковита 4 см².

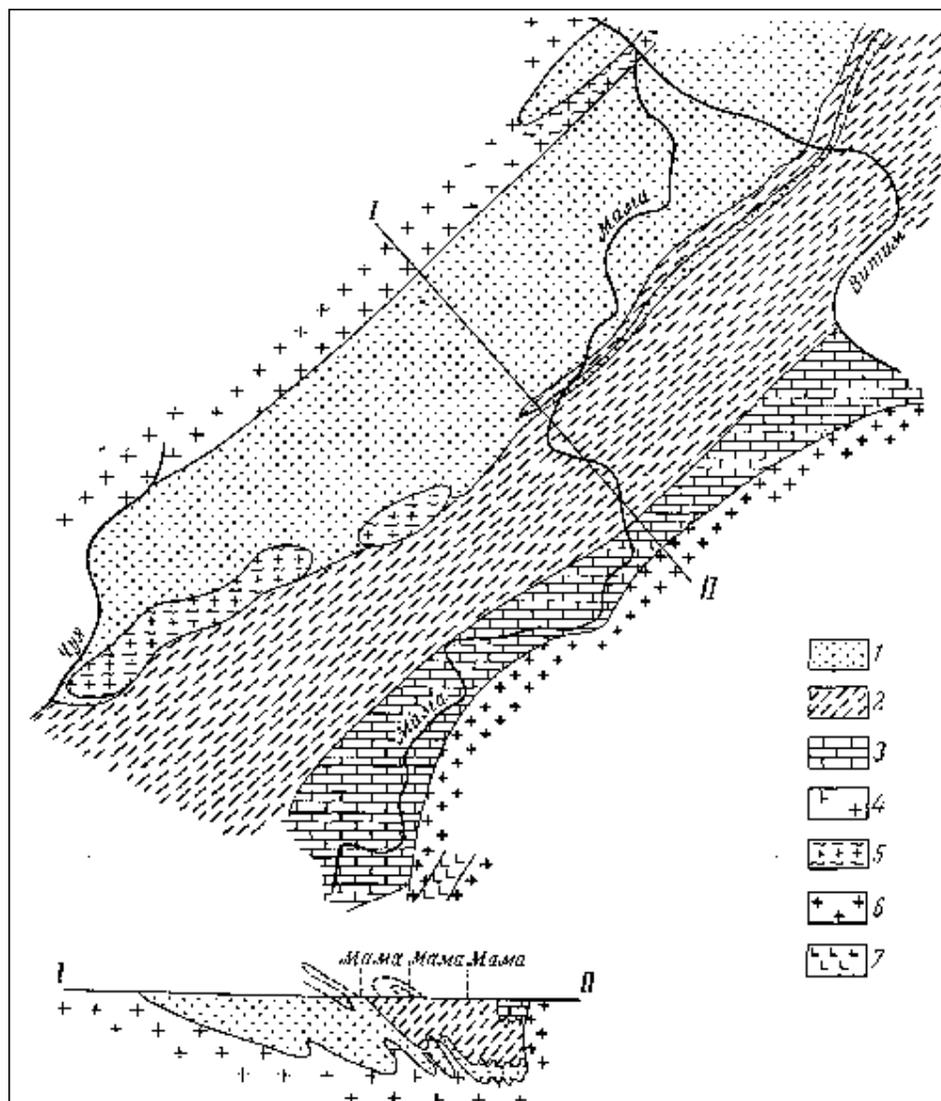


Рис.26 Схематическая геологическая карта Мамского слюдоносного района по Н.П.Семененко

1 – гнейсы витимской свиты; 2 – гнейсы и сланцы слюдянкинской свиты; 3 – мраморизованные известняки и сланцы согдиондонской свиты; 4 – чуйские порфировидные граниты; 5 – мигматизированные аплитовидные граниты; 6 – мамские граниты; 7 - щелочные сиениты.

Характерна пространственная связь высококачественных мусковитовых пегматитов с вмещающими высокоглиноземистыми метаморфически-

ми породами: дистеновыми, дистен-гранатовыми кристаллическими сланцами и гнейсами.

При разработке мусковитовых пегматитов попутно извлекаются полевые шпаты и графический пегматит.

Генезис месторождений спорный. Мусковитовые пегматиты принадлежат к наиболее глубинным разностям гранитных пегматитов, формируются на глубинах 6-8 км. Часть исследователей считает, что они имеют метаморфогенное происхождение – образовались в процессе гранитизации в условиях амфиболитовой фации метаморфизма. Они предполагают образование пегматитов или из расплава, возникшего в процессе метаморфизма вмещающих пород или метасоматическим путём. Сторонники магматогенного происхождения рассматривают образование пегматитов как результат кристаллизации остаточного гранитного расплава.

ФЛОГОПИТ

КОВДОРСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

карбонатитовое, флогопитоносная формация

Находится в юго-западной части Кольского полуострова. Приурочено к позднепротерозойскому массиву ультраосновных-щелочных пород площадью около 40 км², прорывающему интенсивно фенитизированные биотит-плагиоклазовые гнейсы архейского возраста.

Центральная часть массива сложена оливинитами (с непромышленными концентрациями титаномагнетита), представляющими первую фазу интрузивного комплекса. В периферической части массива обнажаются ийолит-уртиты, относящиеся ко второй фазе. Между породами ранних фаз находятся зоны существенно мелилитовых, мантichelлитовых и флогопит-пироксеновых пород. Отмечаются дайки полевошпатовых ийолитов, щелочных нефелиновых и канкринитовых сиенитов. Многочисленные дугоподобные карбонатитовые жилы, как правило, полого падают к центру массива. Крупные тела карбонатитов мощностью до 100 м и протяжённостью до 1 км встречаются также среди гнейсов.

Установлены два основных генетических типа флогопита:

1. Наиболее ранние флогопиты низкого качества, отмечающиеся в мелкозернистых флогопит-пироксеновых породах, слюдитах (последние содержат до 90-95% флогопита, представлены линзовидными телами мощностью до 1-1.5 м). Кристаллы слюды очень мелкие (редко до 3 мм).
2. Промышленные флогопиты более позднего происхождения в крупно- и гигантокристаллических оливин-флогопитовых, оливин-диопсид-флогопитовых, диопсид-флогопитовых породах, именуемых «флогопитовым комплексом». Слагают крупную (мощность более нескольких сотен

метров) линзовидную залежь в северо-восточной части массива между оливинитами ядра и мелилитовыми, монтичеллитовыми породами

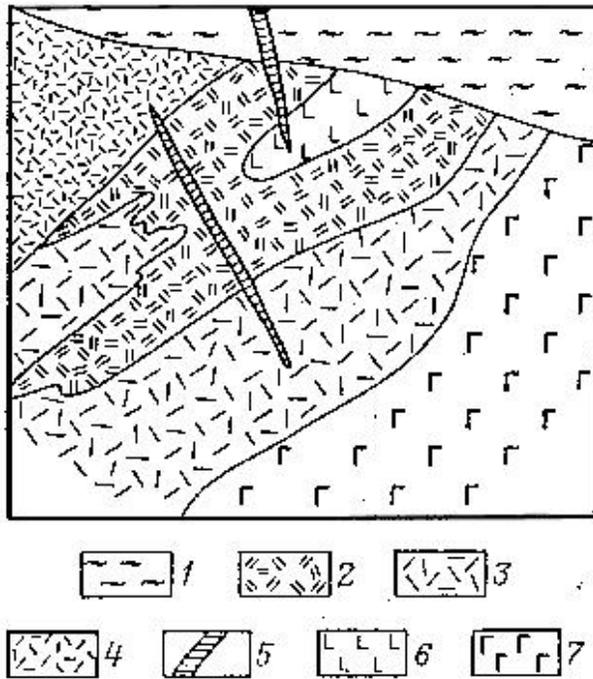


Рис. 27 Разрез флогопитовой залежи Ковдорского месторождения.
1 – вермикулитовые руды; 2-4 – флогопит-диопсидовые руды; 2 – гиганто- и мелкозернистые (слюдиты); 5 – дайки ийолитов; 6 – форстеритовые породы; 7 – флогопитизированные оливиниты.

получают магнетитовый, апатитовый и бадделеитовый концентраты. Основные запасы вермикулитовых руд России сосредоточены на Ковдорском месторождении (43 млн. т из 47 млн. т).

АЛДАНСКИЙ ФЛОГОПИТОНОСНЫЙ РАЙОН

Матаморфические месторождения, формация флогопитоносных диопсидовых пород, связанных с магнизиальными скарноидами

Находится в верхнем течении реки Алдана (бассейнах его правых притоков Тимптона, Куранаха и других). Все месторождения флогопита расположены среди архейских пород фундамента Алданской плиты, которые прорваны мезозойскими интрузиями гранитов. Общая площадь флогопитоносных пород превышает 40 тыс. км². Наиболее крупные групп месторождений: Куранахская, Эмельджакская и Учурская.

(рис.27). Рядовые размеры кристаллов флогопита 30-40 см. Отмечаются кристаллы с площадью 5-6 м². Выход забойного сырца 400-500 кг/м³ (до 1000 кг/м³). Железистость слюды 12-13%. Качество флогопитов ниже, чем в алданских месторождениях, много дефектов (наличие включений, трещин, зажимистость, волнистость, неоднородность химического состава, более высокая железистость).

Залежи промышленного флогопита возникли до начала карбонатитовых стадий (после формирования щелочных пород) за счёт метасоматического замещения флогопитом гигантозернистых разновидностей гипербазитов (под воздействием гидротеры богатых калием и глинозёмом).

Кроме флогопита на месторождении добывается вермикулит (до 90% добываемого в России),

Характерна приуроченность месторождений и рудных тел к диопсидовым породам, особенно крупно- и гигантокристаллическим их разновидностям.

Выделяются следующие структурно-морфологические типы рудных тел:

Крупные пластообразные тела с гнёздами флогопита, обычно согласно залегающие среди гнейсов.

Гнёзда и зоны в диопсидовых породах.

Лестничные жилы в пределах благоприятных (диопсидовых) горизонтов. Флогопит концентрируется у зальбандов жил. Осевая часть жил сложена кальцитом и скаполитом.

Одиночные жилы длиной до 150 м мощностью до 1.5 м, имеющие зональное строение – в центре кальцитовая, отороченная флогопитовой и далее к вмещающим породам (гнейсам) диопсид-скаполитовая зона.

Выход флогопита-сырца в рудных телах 1 и 2 типов составляет $n \cdot 10 \text{ кг/м}^3$, а для 3 и 4 достигает нескольких сотен кг на м^3 .

Породы, вмещающие флогопитоносные тела метаморфизованы в условиях прогрессивной стадии гранулитовой фации при температурах около 700-800°C. Флогопитоносные тела образовались позднее, в условиях амфиболитовой фации метаморфизма на регрессивной стадии при температурах 600-550°C. Калий привносился растворами, связанными с гранитными интрузиями, и процессами ультраметаморфизма и мигматизации.

АСБЕСТЫ

ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТ

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения: Гидротермально-метаморфические железистого хризотил-асбеста в ультраосновных породах: Баженовский подтип, значительные по размерам залежи в крупных, частично серпентинизированных массивах дунит-гарцбургитовой формации; Лабинский подтип, жилообразные зоны в массивах апоперидотитовых серпентинитов; Кара-чаевский подтип, жилообразные зоны, преимущественно продольноволокнистого асбеста в небольших массивах в основном нацело серпентинизированных пироксенитов. Гидротермально-метаморфические месторождения маложелезистого хризотил-асбеста в магнезиальных карбонатных породах.

Наибольшее промышленное значение имеют месторождения Баженовского подтипа (до 95% мировой добычи). Крупнейшее Баженовское месторождение в России.

АМФИБОЛ-АСБЕСТЫ

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения:

Гидротермально-метаморфические. Сысертский подтип, формация антофиллит-асбестовых руд в докембрийских ультрамафитах; Южно-Африканский подтип, формация крокидолит-амозит-асбестовых руд в железистых кварцитах, графитовых сланцах, доломитах; Джеккаганский подтип, формация родусит-асбестовых руд в засоленных пестроцветных толщах, связанных с отложениями мелководных лагун.

ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТ

БАЖЕНОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

гидротермально-метаморфическое, баженовский подтип – значительные по размерам залежи в крупных, частично серпентинизированных массивах дунит-гарцбургитовой формации

Находится на восточном склоне Среднего Урала в южной части Свердловской области. Приурочено к Баженовскому массиву ультрамафитов, протягивающемуся в субмеридиональном направлении на 30 км при ширине до 3-4 км с падением на запад (40-90°). С висячего бока к ультрамафитам примыкает массив габброидов, с лежащего гранитоидов. Массивы залегают среди вулканогенно-осадочных пород среднего девона. Возраст ультрамафитового массива позднекарбонный.

Массив сложен перидотитами (преимущественно гарцбургитами), серпентинитами, тальк-карбонатными породами, в меньшей мере пироксенидами и дунитами. Ультрамафиты и мафиты рассекаются дайками габбро, диоритов, диорит-аплитов, кварцевых порфиров, гранодиоритов. Массив разбит на ряд блоков тремя системами разломов:

- меридиональных крутопадающих;
- широтных и диагональных крутопадающих;
- меридиональных, пологопадающих и субгоризонтальных.

Ультрамафиты серпентинизированы неравномерно – наиболее интенсивно у разломов. Установлено, что максимально асбестоносны гарцбургиты с 10-20% пироксена. Аподунитовые серпентиниты, как правило, не несут промышленного оруденения.

Форма залежей хризотил-асбеста эллипсоидальная, штоко- и линзообразная, простирание-субмеридиональное. Мощность залежей 20-450 м, длина по простиранию 220-2200 м, глубина распространения до нескольких сотен метров. Для залежей характерно зональное строение. В центре находятся блоки (ядра) слабосерпентинизированных перидотитов, в которых отсутствует промышленная асбестизация. Блоки окаймлены зоной

простых и сложных оттороченных жил (рис.28) , далее к периферии последовательно прослеживаются зоны крупной сетки, мелкой сетки, мелкопрожила, серпентиниты без промышленной асбестизации.

Геологическими границами асбестовых залежей обычно являются зоны разломов, часто фиксированные дайками гранитоидов.

Образование хризотил-асбеста связано с воздействием на ультраосновные породы гидротермальных растворов, насыщенных кремнезёмом. Источником растворов была интрузия гранитов пермского возраста. По запа-

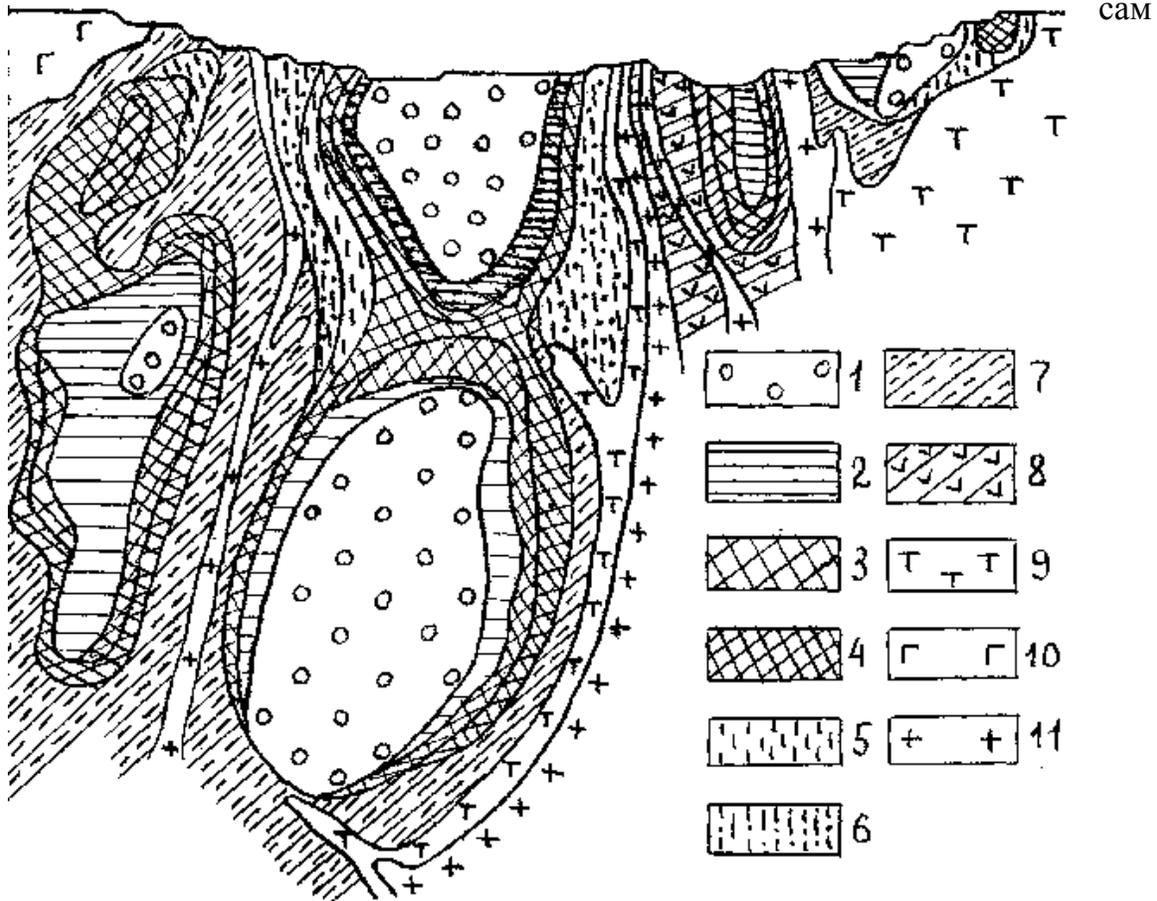


Рис.28 Разрез центрального участка Баженовского месторождения.

1 – перидотиты; 2 – перидотиты с оттороченными жилами асбеста; 3 – перидотиты и серпентиниты с крупной сеткой жил асбеста; 4 – серпентиниты с мелкой сеткой жил асбеста; 5 – серпентиниты с мелкопрожилом; 6 – серпентиниты с просечками асбеста и единичными жилами; 7 – серпентиниты рассланцованные с асбестом; 8 – серпентиниты рассланцованные; 9 – оталькованные серпентиниты, тальковые, тальк-карбонатные, тальк-хлоритовые породы; 10 – габбро; 11 – дайки диоритов, диорит-аплитов, кварцевых порфиров, гранодиоритов.

хризотил-асбеста Баженовское месторождение относится к группе уни-

кальных (70 млн.т). Разработка месторождения осуществляется открытым способом. Глубина Центрального карьера достигает 260 м.

ИСЛАНДСКИЙ ШПАТ

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения:

Гидротермальные (вулканогенные) в породах трапповой формации. Гидротермальные (амагматогенные) в карбонатных осадочных породах: жильные, в зонах дробления, в карстовых пустотах.

Главное промышленное значение имеют месторождения исландского шпата, связанные с породами трапповой формации.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИСЛАНДСКОГО ШПАТА ТУНГУССКОЙ ПРОВИНЦИИ

вулканогенно-гидротермальные в породах трапповой формации.

Месторождения генетически и пространственно связаны с нижне-мезозойской трапповой формацией, в состав которой входят пирокластические образования, покровы базальтов и гипабиссальные интрузии долеритов. Граница распространения траппов в общем совпадает с контуром Тунгусской синеклизы, охватывающем среднее течение р.Ангара, значительную часть бассейнов рек Нижней и Подкаменной Тунгусок и верховьев рек Хеты, Котуя и Вилюя. Среди траппов преобладают оливковые базальты и туфы основного состава. Интрузивные траппы обычно залегают в виде силлов, штоков и даек, причём в осадочных слоистых палеозойских породах наиболее характерны согласные пластовые интрузии, а в туфах и базальтах чаще встречаются различные секущие тела. Общая мощность образований трапповой формации достигает 2 км.

Выделяются шесть подформаций месторождений исландского шпата:

1. Связанная с мандельштейнами, миндалекаменными базальтами в верхах лавовых покровов (рис.29) кальцитовая минерализация локализована в виде гнёзд в трещиноватых участках миндалекаменных пород. Гнёзда обычно находятся в пологопадающих халцедоновых, кальцитовых и других жилах, а также в полостях, связанных с автобрекциями. Мощность миндалекаменных пород колеблется от 1 до 15 м (увеличивается с общей мощностью покровов). Качество сырья от низкого до высокого.
2. Связанная с шаровыми лавами в нижних зонах лавовых покровов (рис.29). Шпат слагает гнёзда между сфероидами (глыбами) базальтов. Качество сырья высокое и среднее.

3. В клиновидных трещинах, приуроченных к участкам коробления миндалекаменных пород, подстилающих шаровые лавы (рис.29). Характерны наиболее ценные сорта исландского шпата. Масса уникальных кристаллов достигает 300 кг.

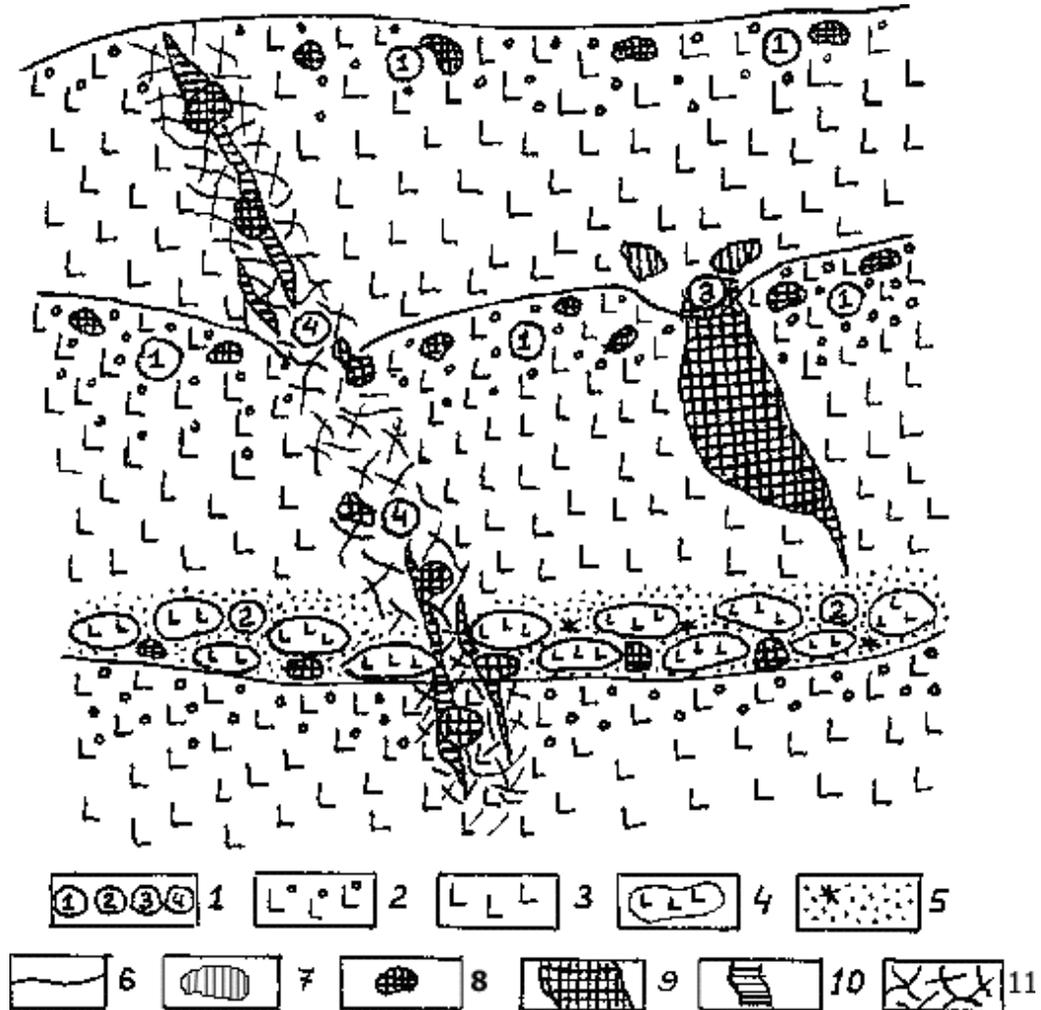


Рис.29 Схема положения 1, 2, 3, 4 подформаций месторождений исландского шпата в покровах базальтов.

1 – подформации месторождений исландского шпата (по текстовому описанию); 2 – мандельштейн, миндлекаменный базальт, верхней зоны покрова; 3 – плотный базальт средней и нижней зон покрова; 4 – сфероиды шаровых лав; 5 – дресва шаровых лав с морденитом, халцедоном, кальцитом; 6 – границы между покровами базальтов; 7 – выделения халцедона; 8 – гнезда исландского шпата; 9 – исландский шпат в клиновидных трещинах; 10 – кальцитовые жилы; 11 – зоны дробления в базальтах.

4. В зонах разрывов и дробления эффузивных пород.

5. Связанная с секущими интрузиями долеритов: протяжёнными дайками, дифференцированными линзовидными и куполовидными интрузиями. Скопления исландского шпата в гнёздах.

6. В зонах дробления туфогенных пород. Исландский шпат в гнездо- и жилообразных скоплениях

Качество сырья месторождений 4, 5, 6 подформаций среднее и низкое. В 4 и 5 подформациях шпат иногда имеет высокое качество.

Согласно требованиям оптически годными являются исландские шпаты имеющие:

полную прозрачность, отсутствие замутнённости, трещин, двойников; полную или частичную бесцветность;

полное или частичное отсутствие свилей, твёрдых и жидких включений, тонкой замутнённости.

Минимальные размеры кондиционных кристаллов 20x20x14 мм.

Исландский шпат во всех подформациях ассоциирует с натрово-кальциевыми цеолитами (морденитом, натролитом, десмином, шабазитом и др.), анальцитом, кварцем, халцедоном, опалом, хлоритами, гидрослюдами, монтмориллонитом, иногда сульфидами (пирит, марказит). Изредка встречается аметист.

Месторождения образованы гидротермальными растворами, являющимися поствулканическими дериватами основной магмы в корневых частях вулканических аппаратов. Наиболее интенсивная минерализация связана с переходами от стадий взрывного вулканизма к стадиям относительно спокойного излияния базальтовых лав.

ГЛИНЫ. ГЛИНИСТЫЕ ПОРОДЫ

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения:

Вулканогенно-гидротермальные:

Каолина в аргиллизированных и окварцованных андезит-риолитовых толщах (сосредоточено до трети мировых запасов каолина); бентонитовых глин преимущественно в вулканитах субщелочного основного состава (добывается около 30% бентонитовых глин).

Экзогенные месторождения:

Остаточные, первичного каолина в корах выветривания кислых и щелочных пород. Инфильтрационные каолина и галлуазита в ресилифицированных бокситах. Осадочные: континентальные (аллювиальные, озерно-болотные и озёрные, моренные, флювиогляциальные, эоловые); лагунные (опреснённых и осолонённых лагун); морские (прибрежной и удалённой от берега части шельфа, вулканогенно-осадочные, глинистые илы). В большинстве глины легкоплавкие – монтмориллонитовые, бейделитовые, гидрослюдистые и смешанного состава. В озёрно-болотных

бассейнах и опреснённых лагунах образуются тугоплавкие и огнеупорные, преимущественно, каолиновые глины.

Метаморфогенные месторождения:

формация легкоплавких аргиллитов, формация легкоплавких глинистых сланцев.

На прибрежно-морские и лагунные месторождения приходится 50% мировых запасов и добычи бентонитовых глин.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОГНЕУПОРНЫХ ГЛИН БОРОВИЧСКО-ЛЮБЫТИНСКОГО РАЙОНА

осадочные, континентальные, озёрно-болотных и озёрных пресноводных бассейнов

Находятся в северной части Новгородской области у г.Боровичи и у с.Любытино. Глины приурочены к песчано-глинистой угленосной толще нижнего карбона на северо-западном крыле Подмосковного угольного бассейна.

Толща залегает на размытой поверхности пород верхнего девона и перекрыта отложениями нижнего карбона (известняки, глины, пески) и четвертичными отложениями.

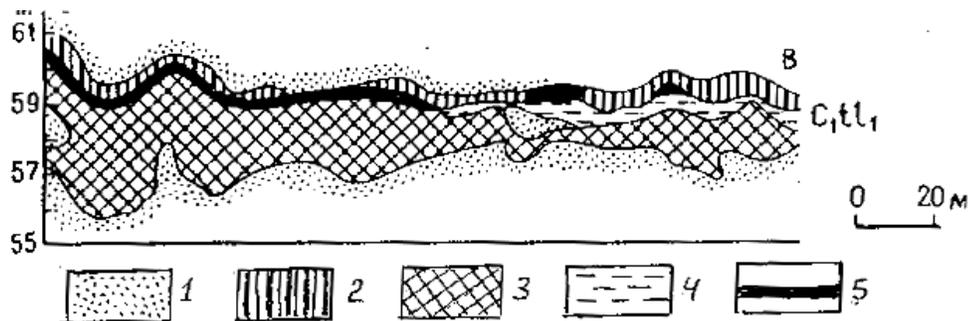


Рис.30 Взаимоотношение пластичных и сухарных глин по выемочному штреку на участке Боровичского месторождения.
1 – песок; 2-4 – глина: 2 – серая, пластичная; 3 – сухарная; 4 – углистая; 5 – уголь.

Огнеупорные глины представлены пластичными глинами (мыленки), полусухарями и сухарями (рис.30) залегают на глубинах 25-40 см от поверхности. Средняя мощность 2-2.5 м.

Пластичные глины (мыленки) жирные на ощупь, от светло серого до чёрного цвета, содержат включения углистого вещества, пирит, окислы железа, стяжения сидерита. Глинистое вещество представлено каолином. Огнеупорность от 1580 до 1730°C. Содержание глинозёма 37%.

Полусухарная глина светло серого цвета, по степени пластичности уступает мыленкам, но с водой образует пластичное тесто. Почти отсутству-

ют примеси углистого вещества, пирит, сидерит, окислы железа. Содержание глинозёма около 39%. Огнеупорность от 1670 до 1710°C.

Сухари являются непластичными глинистыми породами от светло серого до тёмносерого цвета, дающими тощее быстро высыхающее тесто (на воздухе распадается на мелочь). Относятся к каолиновым породам, содержат примесь гидраргиллита, поэтому содержание глинозёма до 41% и более. Огнеупорность 1670-1710°C и более.

Особую разновидность сухарей представляет «кремнёвка», отличающаяся способностью чертить стекло, наличием до 6.5% избыточного глинозёма, с огнеупорностью до 1770°C. Сухарные глины наиболее ценные.

Глины Боровичско-Любытинского района служат для производства разнообразных огнеупорных изделий. Месторождения разрабатываются подземным способом. Попутно ведётся добыча кварцевых и формовочных песков.

По генезису прибрежно-озёрные. Вещество глин накапливалось в мелководных озёрных (Боровичский район) и озёрно-болотных (Любытинский район) бассейнах с обильной растительностью, занимавших большие площади.

Глинистое вещество выпадало в удалении от берегов. Отсутствие электролитов в пресных водах благоприятствовало медленному выпадению вещества. Накапливались тонкодисперсные однородные глины с обильными растительными остатками.

МАГНЕЗИТ И БРУСИТ

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения:

Гидротермально-метаморфические, формация кристаллического магнетита в магнезиальных карбонатных породах (имеет наибольшее промышленное значение); формация тальк-магнезитовых руд.

Экзогенные месторождения:

Инфильтрационные, формация аморфного магнетита в латеритных корках выветривания ультрамафитов. Осадочные, формация озёрных месторождений аморфного магнетита.

Метаморфогенные месторождения:

Контактово—метаморфические бруситита и бруситовых мраморов

МЕСТОРОЖДЕНИЯ САТКИНСКОЙ ГРУППЫ

гидротермально-метаморфические, формация кристаллического магнетита в магнезиальных карбонатных породах

Саткинская группа состоит из четырнадцати месторождений магнетита, залегающих в толще карбонатных пород, представленных доломитами.

Толща имеет мощность от 300 до 500 м и принадлежит к верхам саткинской свиты протерозоя.

Вместе с подстилающими и покрывающими отложения протерозоя породы саткинской свиты собраны в широкие складки северо-восточного простирания. В районе месторождений проходит широкая синклиналь, в северо-западном крыле которой располагаются девять месторождений.

Вся толща пород саткинской свиты, включая и магнетитовые залежи, пронизана многочисленными пластовыми и секущими дайками диабазов. Дайки являются дериватами Бердяушской гранитной интрузии, которая прорывает осадочные образования протерозоя в 5-8 км севернее магнетитовых тел, имеющих пластообразную форму и залегающих согласно в доломитах (рис.31). По простиранию залежи магнетита прослеживаются от нескольких сот метров до 1.5-2 км, по падению – 250-300 м и более. Контакты магнетитовых тел с доломитами резкие, прямолинейные или слабо извилистые. Внутри залежей отмечаются прослой доломита.

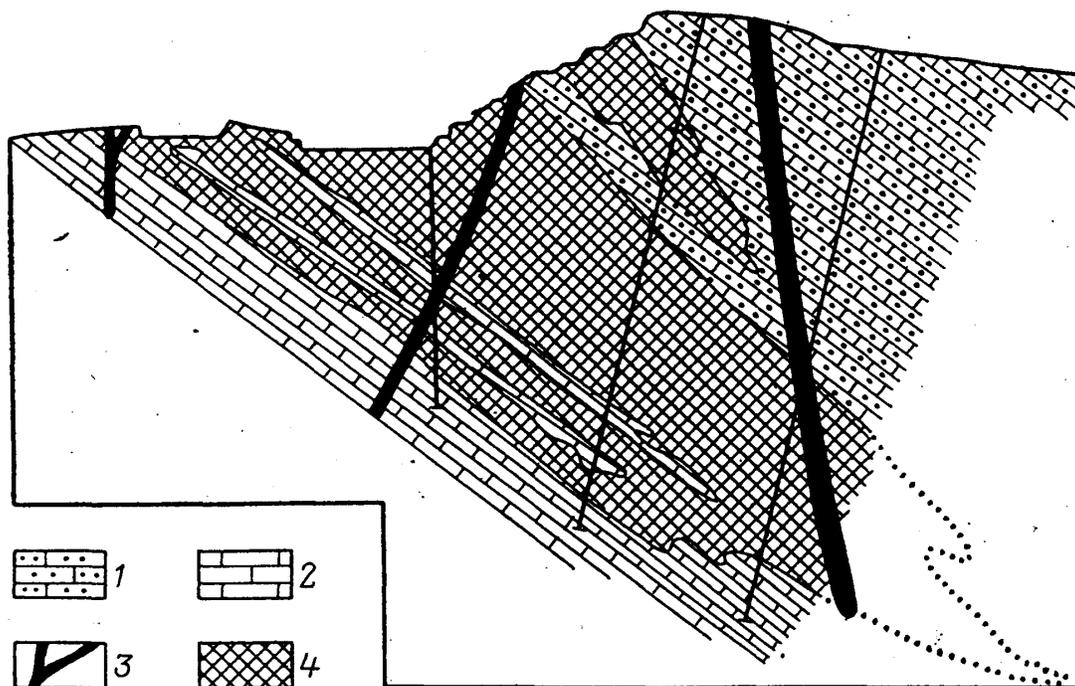


Рис.31 Схематический геологический разрез залежи магнетита Саткинской группы месторождений. По М.И.Гарань.

1-2 – доломит; 1 – серый; 2 – черный; 3 – дайки диабазов; 4 – магнетит.

Магнетиты Саткинских месторождений представляют кристаллические мелко-, средне-, и крупнозернистые породы белого, серого или голубовато-серого (в выветрелом состоянии желтоватого) цвета, грубо- и тонкополосчатой, радиально-лучистой и звездчатой текстуры. Магнетиту сопутствуют вторичные белый доломит, кальцит, арагонит, кварц, опал, пирит, уг-

листое и углисто-глинистое вещество. В контактах с дайками диабазы в магнезитах и доломитах развиты тальк, серпентин, хлорит, магнетит и гидромагнетит, отмечается повышенная концентрация пирита.

По химическому составу саткинские магнезиты отличаются низким содержанием окислов железа.

Саткинские месторождения магнезита возникли в результате метасоматического замещения доломитов карбонатом магния, насыщавшего гидротермальные растворы, источником которых была Бердяшуская интрузия. Источником магнезии являлись доломиты.

Магнезитовые залежи Саткинской группы эксплуатируются открытым способом и используются для производства огнеупоров.

ГРАФИТ

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения:

Магматические, формация богатых руд плотнокристаллического графита. Контактново-метасоматические.

Метаморфогенные месторождения:

Метаморфические, формация графитоносных гнейсов

Контактно-метаморфические, формация апокаменноугольного графита.

Метаморфогенные месторождения графита имеют основное промышленное значение.

ЗАВАЛЬЕВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ КРУПНОЧЕШУЙЧАТОГО ГРАФИТА

метаморфическое, формация графитоносных гнейсов

Находится на Украине в 70 км к северу от г.Первомайска Одесской области. Приурочено к крупной, крутой синклинальной складке северо-западного простирания (рис.32), выполненной образованиями тетерево-бугской свиты архейского возраста. В ядре складки залегают кристаллические известняки, подстилаемые кварцитами. Ниже последних залегает толща продуктивных гнейсов, мощность которых в северном крыле достигает 250м, а в южном – не более 15 м. Синклиналь обрамлена массивами гранитов. Породы свиты прорваны дайками гранитов и гранит-аплитов. В толще продуктивных гнейсов залегает 5 графитосодержащих пластообразных тел мощностью от 3 до 70 м и длиной от нескольких сотен метров до 3 км, чередующихся с безрудными гнейсами. Графит образует вкрапленность – представлен отдельными чешуйками размером от десятых долей до нескольких мм и скоплениями в виде агрегатов чешуек.

Графитовые руды содержат кварц, полевой шпат, гранат, плагиоклаз.

В небольшом количестве присутствуют биотит, хлорит, амфиболы, кальцит, апатит, пирит. Содержание графита в среднем от 6 до 10%, редко достигает 30% и более. Руды легко обогатимые, зольность концентратов не превышает 10-15%. Минимальное промышленное содержа-

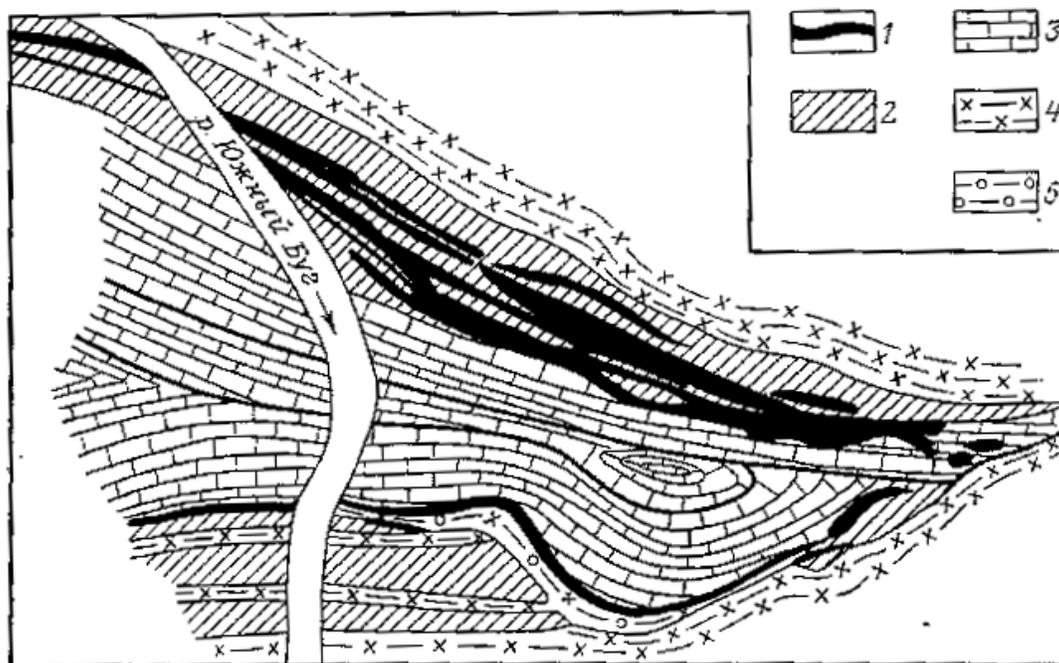


Рис.32 Геологическая карта Завальевского месторождения. По А.Е.Иванцеву.

1 – графитовые гнейсы; 2 – гнейсы безрудные; 3 – кристаллические известняки; 4 – граниты; 5 – мигматиты.

ние графита в рудах 2%. Графитоносные гнейсы возникли в условиях амфиболитовой фации регионального метаморфизма, преимущественно за счёт глинистых осадков, содержащих растительные остатки. Это подтверждается данными по изотопии углерода. В условиях значительно высоких температур на органику активно воздействовали пары воды и вызывали её разложение. Образовывались окислы углерода. При понижении температуры и избытке водорода окислы углерода диссоциировали с образованием воды и чешуек графита.

**НОГИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ АМОРФНОГО ГРАФИТА
(ТУНГУССКАЯ ГРАФИТОНОСНАЯ ПРОВИНЦИЯ)**

контактово-метаморфическое, формация апокаменноугольного графита

Месторождения Тунгусской графитоносной провинции (по западной окраине Тунгусского угольного бассейна) приурочены к продуктивной толще пермского возраста, сложенной песчаниками с прослоями глин, глинистых сланцев, аргиллитов и углей. Толща инъицирована секущими и согласными дайками траппов, на контактах с которыми осадочные породы превращены в роговики, кварциты, кварцитовидные песчаники, хлорит-серицитовые породы и мраморы, а каменные угли – в антрациты, кокс и графит. Мощность продуктивной толщи варьирует от 250-300 до 1500 м.

Графитоносна западная часть Тунгусского угольного бассейна общей площадью около 48 тыс.кв.км. Продуктивная толща обнажается по долинам рек. Известно около 15 месторождений.

Ногинское месторождение находится в центре графитоносной площади на левом берегу Нижней Тунгуски.

Продуктивная толща разделяется здесь на 3 свиты. Самая нижняя (бургуклинская) является графитоносной (ри.33). Из 3-х пластов графита промышленным является лишь нижний, имеющий мощность от 0.8 до 4.3 м. Он обнажён в береговом обрыве на протяжении 650 м. Подстиляется пластом графитовых сланцев мощностью 0.3-0.4 м и сопровождается адинолями (чёрными массивными породами с раковистым изломом). Под адинолями залегают траппы.

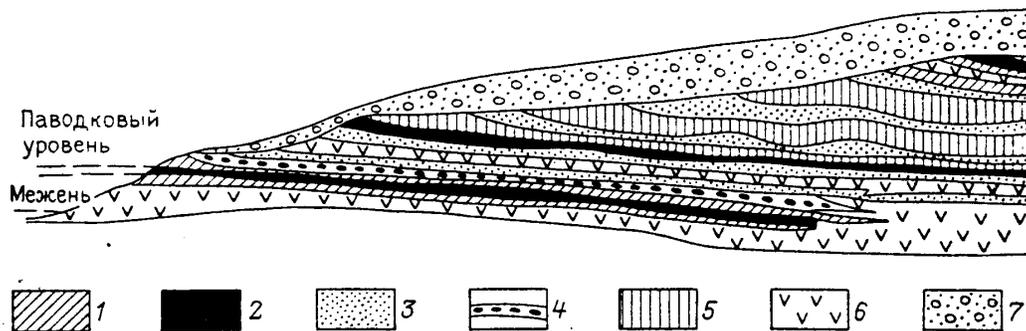


Рис.33 Геологический разрез Ногинского месторождения. По В.П.Солоненко.

1 – адиноли; 2 – графиты; 3 – песчаники; 4 – кварциты и брекчии; 5 – глинистые сланцы; 6 – траппы; 7 – современные отложения.

Выделяют следующие разновидности графитовых руд:

1. Столбчатый графит, слагающий главную массу пласта, разбитый на шестигранные призмы (3-4 см в поперечнике и высотой 15-20 см), ориентированные перпендикулярно слоистости.
2. Слоистый графит, перемежающийся со столбчатым, содержит тонкие глинистые и пиритовые прожилки.
3. «Свинцовый» графит, образующий маломощные прослои в столбчатом (имеющий в изломе облик свинца).
4. Брекчированная и брекчиевидная руда (у контактов).

Содержание графитового углерода в среднем 85.5%, золы 10-11%, летучих около 2%, серы 0.3%. Руды труднообогатимые. Минимальное промышленное содержание 70% графита без обогащения, 15% - при обогащении.

По генезису относится к контактово-метаморфическим. Возникло в результате термального воздействия траппов на пласты каменного угля. В температурном интервале 1250-700°C происходило преобразование каменных углей в графит.

Месторождение разрабатывается подземным способом.

ФЛЮОРИТ (ФТОРНОЕ СЫРЬЁ)

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения:

Магматические, апатит-нефелиновая формация, связанная с интрузиями агпаитовых нефелиновых сиенитов.

Пегматитовые, оптического флюорита в хрусталеносных гранитных пегматитах. Карбонатитовые, барит-флюорит-редкоземельные в щелочно-ультраосновных комплексах со слабо проявленными ранними ультрабазитами.

Грейзеновые и скарново-грейзеновые, редкометально-флюоритовые в скарновых и грейзенизированных породах кровли многофазных интрузий гранитоидов (аляскитов, лейкократовых гранитов).

Плутоногенно-гидротермальные, формации:

флюоритовых руд связанных с массивами редкометальных гранитоидов; бертрандит-фенакит-флюоритовых руд в связи с интрузиями альбитизированных сиенитов и монцонитов; барит-флюоритовая.

Вулканогенно-гидротермальные, флюорит-полиметаллические умеренных глубин, связанные с вулcano-интрузивными комплексами умеренно кислого и среднего состава; флюоритовая формация малых глубин в районах развития наземной базальтовой и базальт-липаритовой формации

стратиформные (амагματοгенные) в карбонатных породах: полиметаллические барит-флюоритовые; кварц-флюорит-антимонит-киноварные.

Экзогенные месторождения:

Осадочные, ратовкитовая формация в известняках

Наибольшее промышленное значение имеют вулканогенно-гидротермальные, стратиформные и грейзеновые месторождения.

КАЛАНГУЙСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

вулканогенно-гидротермальное, флюоритовая формация малых глубин в районах развития наземной базальтовой и базальт-липаритовой формации

В Восточном Забайкалье, 70 км к востоку от Улан-Удэ. В районе известно около 20 месторождений флюорита. Все находятся в пределах мезозойской складчатой области. Вмещающими породами в разных случаях являются позднепротерозойские образования, гранитоиды, сланцы и песчаники юрского возраста, вулканические и осадочные породы поздней юры и раннего мела.

Площади концентрации флюоритового оруденения пространственно совмещены с полями развития эффузивов и субвулканических тел липари-

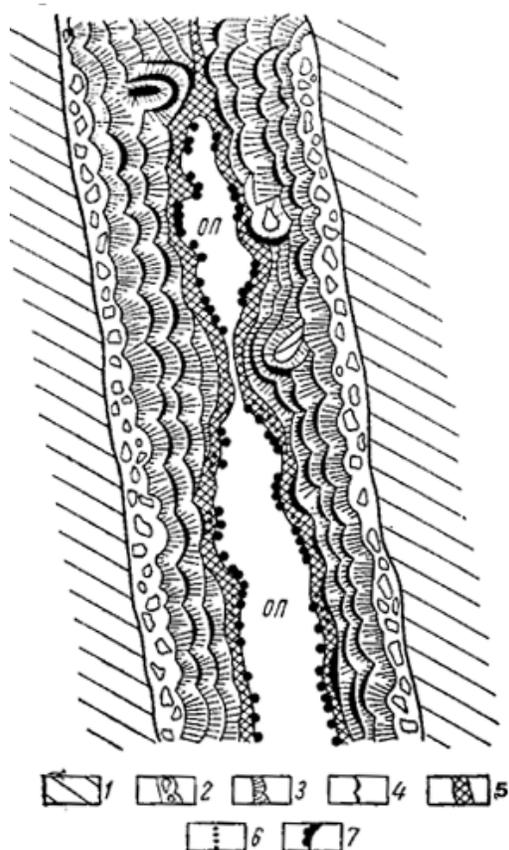


Рис.34 Схема строения флюоритовой жилы Калангуйского месторождения (поперечный разрез). 1 – вмещающие породы; 2 – брекчии вмещающих пород с флюоритовым цементом; 3 почковидные агрегаты шес-товатого флюорита; 4 – зоны кристолитического фар-форовидного флюорита; 5 – корки крупнокристаллического пирита; 6 – места скопления мелкозернистого пирита; 7 – сферолитовые агрегаты марказита; ОП – открытые полости.

тов и андезитобазальтов раннемелового возраста. Повышенные содержания фтора в липаритах позволяют считать источниками рудообразующих растворов магматические очаги вулканических образований.

На Калангуйском месторождении рудное поле сложено песчаниками, углистыми и глинистыми сланцами раннеюрского возраста, имеющими субширотное простирание с крутым падением на юг. Жила (рис.34), сложенная флюоритом, пиритом и марказитом приурочена к сбросо-сдвигу, секущему вмещающие породы вкрест простирания. Длина жилы около 1 км. Мощность от 0.5 до 15-20 м. Содержание флюорита колеблется от 60 до 98 %.

В призальбандовых частях жилы флюорит цементирует обломки вмещающих пород, образуя кокардовые, почковидные, брекчеевидные разновидности флюоритовых агрегатов.

В центральных частях количество обломков боковых пород уменьшается и отмечаются полости, стенки которых покрыты корками, друзами и почками пирита и марказита.

ТАЛЬК

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения:

Гидротермально-метаморфические, талькистов и тальковых камней в ультрамафитах (апоультрамафитовые), талькистов в магнезиальных карбонатных породах (апомагнезитовые).

Метаморфогенные месторождения:

Метаморфические талькистов и тальковых камней при региональном метаморфизме ультрамафитов, силикатных и магнезиальных карбонатных пород.

Экзогенные месторождения:

Остаточные, формация порошковатых тальковых руд.

Наибольший промышленный интерес имеют маложелезистые тальковые руды (от долей процента до 2% Fe_2O_3) – гидротермально-метаморфические апомагнезитовые и остаточные.

ОНОТСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

гидротермально-метаморфическое талькистов (и тальковых камней) в магнезиальных карбонатных породах (апомагнезитовое)

В 240 км северо-западнее Иркутска, в предгорьях Восточных Саян, на северо-восточном крыле главного архейского антиклинория.

Площадь тальконосного поля, сложенного раннепротерозойской камчадальской свитой, около 100 кв.км. Свита делится на три горизонта:

1. Нижнеамфиболитовый мощностью 150-200 м.

2. Продуктивный карбонатный мощностью 100-200 м (доломиты и магнезиты), иногда в разрезе горизонта отмечаются силикатные породы (рис.35).

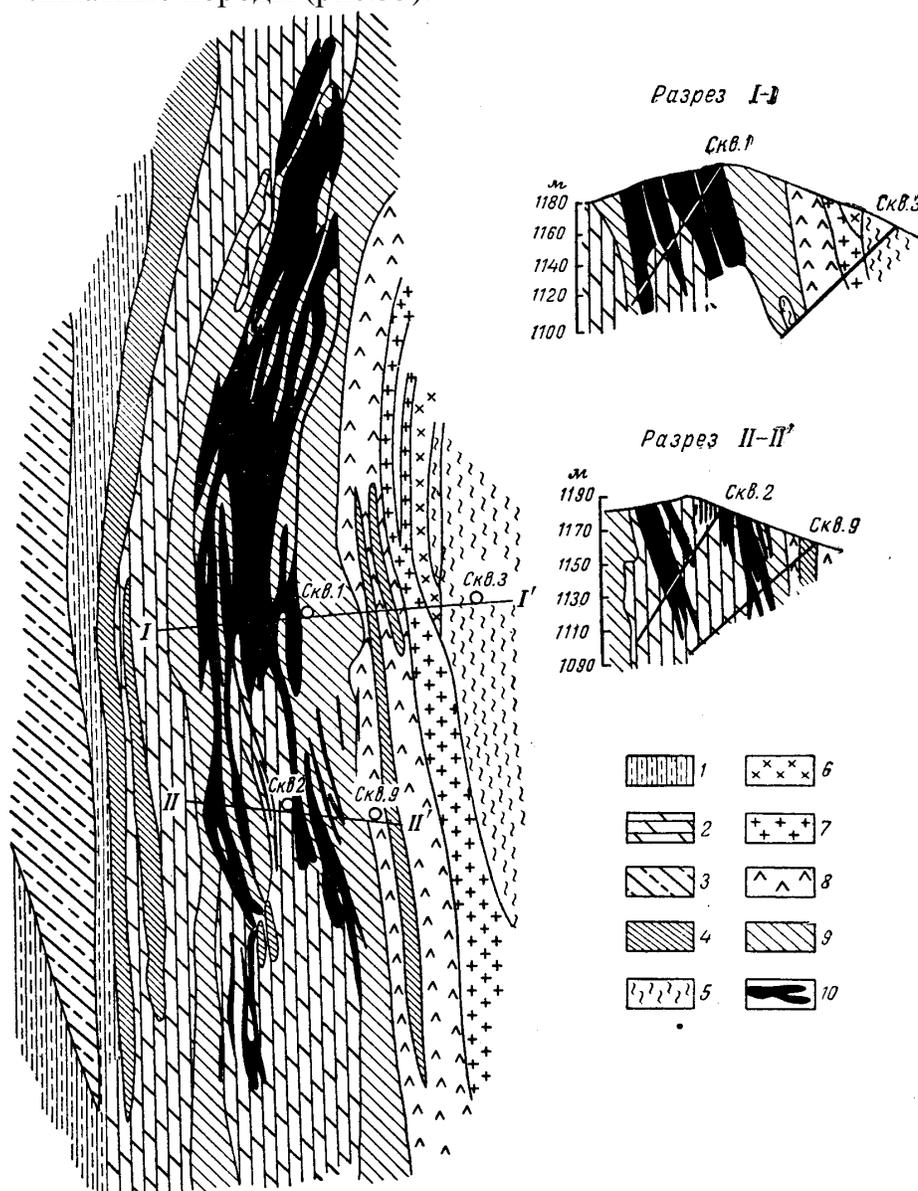


Рис.35 Схема геологического строения залежи Камчадал Онотского месторождения талька.

- 1 – кварцито-гнейсы; 2 – магнезиты; 3 – роговообманковые сланцы; 4 – эпидот-хлорит-роговообманковые сланцы; 5 – хлоритовые сланцы; 6 – гнейсовидные биотитовые плагиограниты; 7 – лейкократовые граниты; 8 – антигорито-хлоритовые сланцы; 9 – серпентиниты; 10 – тальк.

3. Верхнеамфиболитовый мощностью 550 м.

Жилы и линзы талькитов (стеатита) приурочены к продуктивному горизонту и отмечаются на протяжении 22 км. Наиболее крупной является

залежь Камчадал (рис.35), длина которой достигает 500 м, а мощность 40 м. Остальные залежи имеют длину до нескольких десятков метров и мощность 5-15 м. Общее количество разведанных тел талькитов более двухсот. Залежи талькитов часто оторочены мощными зонами тальк-магнезитовых камней (оталькованными магнезитами). Последние контактируют с доломитами и магнезитами, реже с серпентинитами, амфиболитами и сланцами.

Тальк мелкочешуйчатый, содержание в талькитах от 75 до 99%, мало-железистый (содержание окислов железа от 0.62 до 3.3%). Помимо магнезита и доломита в рудах присутствуют хлорит, апатит, кварц.

Образование талька связано с внедрением лейкократовой гранитной интрузии и привнесом гидротермальными растворами кремнезема по схеме: магнезит + $\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{тальк} + \text{CO}_2$.

Общие запасы талькитов (талькового камня) около 5 млн.т. Месторождение разрабатывается открытым и подземным способами.

БАРИТ

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения:

Карбонатитовые, формация барит-флюорит-редкоземельная.

Плутоногенно-гидротермальные, формации: кварц-баритовая, витерит-баритовая, барит-флюоритовая.

Вулканогенно-гидротермальные, барит-золото-полиметаллическая формация.

Стратиформные, полиметаллические барит-флюоритовые в карбонатных породах.

Колчеданные, вулканогенно-метасоматические и вулканогенно-осадочные-барит-полиметаллическая формация.

Экзогенные месторождения:

Остаточные кор выветривания.

Осадочные, морские, хемогенные.

Техногенные месторождения:

Отвалы обогатительных фабрик с промышленным содержанием барита.

Важнейшее промышленное значение имеют стратиформные, колчеданные и осадочные месторождения барита.

ХОЙЛИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

осадочное, морское, хемогенное

Первооткрывателями месторождения (начало 80-х годов) являются выпускники геологического факультета ВГУ Н.В.Лютиков, И.А.Маслов.

На западном склоне Полярного Урала в 90 км южнее Воркуты. Баритовые залежи приурочены к верхней части пагинской свиты средне-позднедевонского возраста, мощность которой составляет 100-120 м. Нижняя часть свиты сложена мелкозернистыми песчаниками, алевролитами,

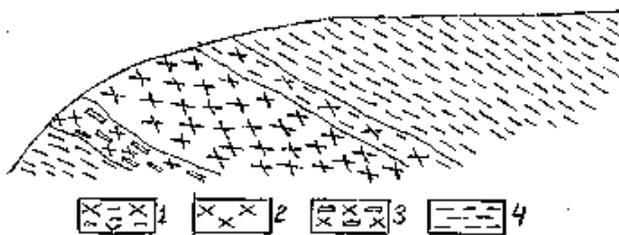


Рис.36 Схематический геологический разрез залежи баритовых руд Хойлинского месторождения.

1 – кремнисто-баритовая руда; 2 – баритовая руда; 3 – известково-баритовая руда; 4 – кремнистые сланцы.

глинистыми сланцами, известняками. Песчаники преобладают (более 50% объема свиты), имеют кварцитовидный облик. Верхняя часть свиты представлена углисто-кремнистыми и кремнистыми сланцами.

Общая протяженность зоны, вмещающей рудные залежи, – около 3500 м. В пределах зоны выделяются пять пластообразных рудных тел. Их протяженность от 400 до 1500 м. Мощность от 0.2 до

19-20 м (средняя 4.7 м). Углы падения от 35 до 65°.

Выделяются три разновидности руд (рис. 36):

1. Кремнисто-баритовые (около 7% всех руд).
2. Существенно баритовые (составляют около 75% всех руд).
3. Известково-баритовые (известковая составляющая превышает 7-10%).

Характерна слоистая текстура. Постоянно присутствуют безрудные прослойки мощностью от 0.1 до 0.3 м (изредка отмечаются прослойки мощностью до 0,8 м). В целом они составляют 10-15% от объема рудных залежей. Выделяются две генерации барита:

1. Досчатые бесцветные кристаллы (0.25-1мм) почти без включений.
2. Тонкокристаллические, микрослоистые агрегаты изометрических зёрен (0.01-0.1 мм) с включениями мельниковита, стяжений фосфатов, чешуек и агрегатов слюды.

Вторая генерация преобладает. Среднее содержание барита во второй разновидности руд 78,1%. В рудах присутствуют пирит, фосфаты, альбит, анкерит, углистое вещество. Характерные терригенные акцессории – цир-

кон, гематит, ильменит, хромит, гранат, оливин, рутил (присутствуют и во вмещающих породах). Запасы руды около 15 млн.т.

Источником бария были гидротермы, связанные с проявлениями базальтового вулканизма (район Тимана). Растворимые соли бария взаимодействовали с сульфат-ионом и выпадал барит. Концентрации сульфат-иона возникали за счет окисления биогенного сероводорода.

ГРУППА ХИМИЧЕСКОЕ И АГРОНОМИЧЕСКОЕ СЫРЬЁ

ФОСФАТНОЕ СЫРЬЁ АПАТИТЫ

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения:

Магматические, апатит-нефелиновая формация, связанная с интрузиями агпаитовых нефелиновых сиенитов; апатит-магнетитовая формация с габбро-сиенитовыми интрузиями; апатит-титаномагнетитовая формация в габбро-пироксенит-дунитовых и габбро-анортозитовых магматических комплексах.

Карбонатитовые, формации: апатит-магнетитовая, апатит-карбонатная, апатитоносных ийолитов, апатитосодержащих фенитов.

Метаморфогенные месторождения:

Метаморфические, формация апатитсодержащих кварц-диопсидовых пород.

Контактово-метаморфизованные, формация апатитовых руд, образовавшихся за счёт перекристаллизации фосфоритов под влиянием интрузий.

ХИБИНСКАЯ ГРУППА МЕСТОРОЖДЕНИЙ

магматические, апатит-нефелиновая формация, связанная с интрузиями агпаитовых нефелиновых сиенитов

В западной части Кольского полуострова (Мурманская область). Приурочены к Хибинскому массиву щелочных пород центрального типа позднедевонского возраста, залегающему среди метаморфитов архея и протерозоя. Площадь массива свыше 1300 кв.км. В плане имеет кольцевое строение. Наружное кольцо и внутренняя часть представлены разнообразными нефелиновыми сиенитами, слагающими конические тела, падающие к центру массива. В периферии массива между сиенитами залегают ийолит-уртитовые породы, к которым приурочены месторождения апатита. Наиболее крупные месторождения находятся в южной части массива. Представлены пласто- и линзообразными залежами протяженностью до 2-3 км. Мощность от 40 до 300 м. Падение к центру массива под углом 20-50°. Самое крупное месторождение – Кукисвумчорское (рис.37) разрабатывается с 1930 г. (открыто в 1925 г.). Руды преимущественно сложены

апатитом, нефелином, эгирином, менее распространены сфен и титаномагнетит. По текстурным признакам выделяются пятнистая,

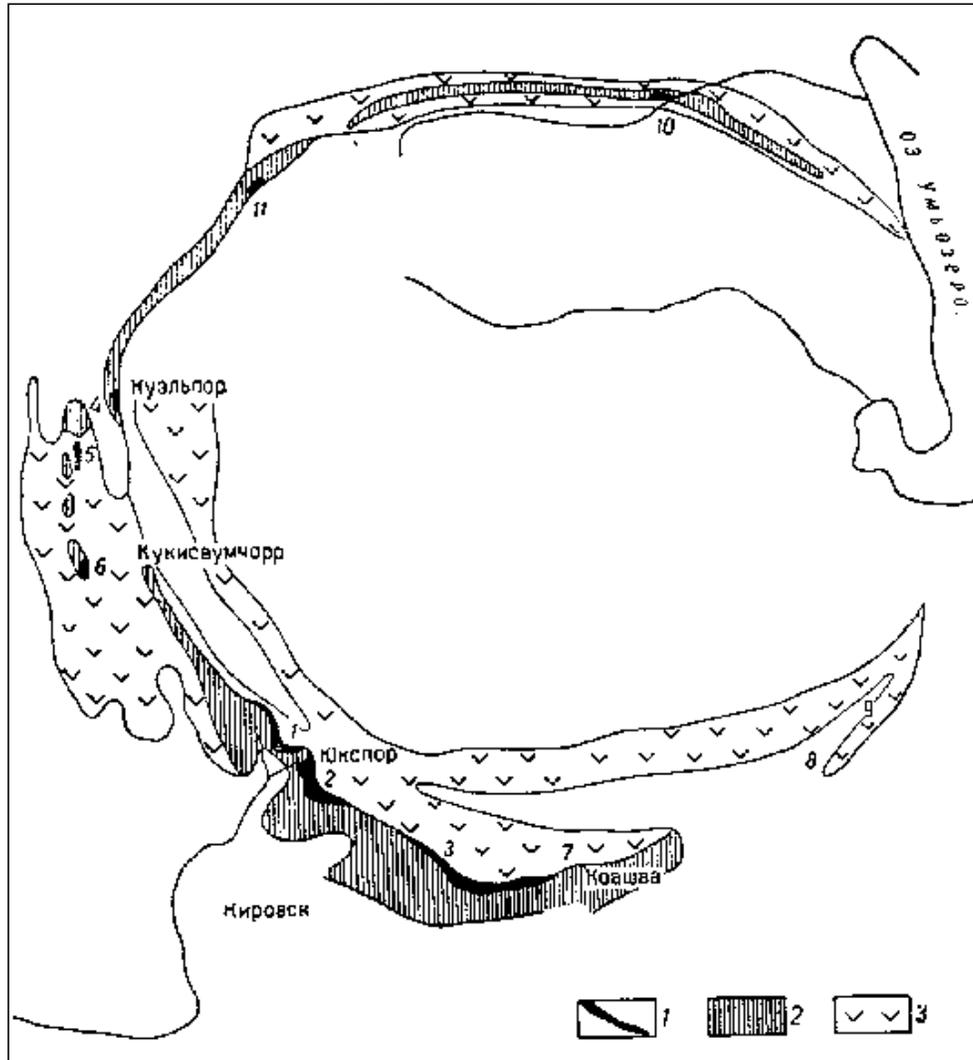


Рис.37 Схематическая карта Хибинских месторождений.

1 – апатитовые залежи; 2 – комплекс ийолит-уртитов; 3 – рихчорриты (нефелиновые сиениты). Цифрами в кружках показаны апатитовые месторождения: 1 – Кукисвумчоррское; 2 – Юкспорское; 3 – Расвумчоррское и другие.

линзовидно-полосчатая, блоковая разновидности руд. По составу – апатит-нефелиновый и сфен-апатитовый типы. Среднее содержание P_2O_5 около 30% или 75% апатита). Разведанные запасы апатит-нефелиновых руд всех месторождений превышают 4 млрд.т. Получают концентраты: апатитовый (утилизируется около 40% F), нефелиновый (производство глинозема, поташа. соды), сфеновый, титаномагнетитовый, эгириновый. Из апатита попутно извлекается фтор.

Большинство исследователей считает, что апатит-нефелиновые руды являются продуктом дифференциации щелочной магмы в глубинном очаге. Обогащенный фосфором ийолит-уртитовый расплав внедрялся по коническому разрыву между нефелиновыми сиенитами. Кристаллизация апатит-нефелиновых руд происходила в последние стадии дифференциации расплава.

ФОСФОРИТЫ

Промышленные типы месторождений

Экзогенные месторождения:

Осадочные, морские, биохимические, формации: платформенных желваковых и ракушняковых фосфоритов; геосинклинальных в основном массивных фосфоритов.

Обломочные механические галечниковых фосфоритов.

Остаточные, приуроченные к фосфатсодержащим известнякам.

Инфильтрационные в известняках.

ЕГОРЬЕВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

осадочное, морское, биохимическое, формация платформенных желваковых и ракушняковых фосфоритов

В 80-100 км к юго-востоку от Москвы в области распространения отложений верхней юры и нижнего мела, залегающих на размытой поверхности карбона. Фосфоритоносная толща перекрыта песками нижнемелового возраста, песчано-глинистыми отложениями (аллювиальными и моренными) неоген-четвертичного возраста, мощность которых от нескольких метров до 30-40 м. Месторождение расчленено долинами рек и оврагами на участки, общая площадь которых превышает 350 кв.км. Эксплуатируется с 1922 года.

В фосфоритоносной толще мощностью более 3 м выделяются три фосфоритовых слоя (рис.38). Промышленное значение имеют два верхних (соответственно верхнеюрского и нижнемелового возраста), которые разрабатываются как один пласт. Состоят из конкреций и фосфатизированной фауны, сосредоточенных в кварцево-глауконитовом глинистом песке. Размер образований – от 1-2 до 5-15 см. Нередко сцементированы в фосфоритовую плиту. Средняя мощность 1.17 м, продуктивность от 1090 до 2430 кг/кв.м; содержание P_2O_5 в руде от 6 до 15% (среднее 12.7%), в концентрате первичного обогащения 20-26%. Помимо фосфатов в состав руд входят глауконит, кварц, гидрослюда, сидерит, гидроксиды железа, пирит. Запасы фосфоритов 375 млн.т. (49 млн.т. P_2O_5). Концентрат перерабатывается на фосфоритовую муку. Попутно извлекается глауконит (для смягчения жестких вод, пигментное сырьё, калийное удобрение). Из пород вскрыши нижнемеловые пески используются как формовочное сырьё, глины

неогеновых и четвертичных отложений – для производства стеновых плиток, кирпича, канализационных труб.

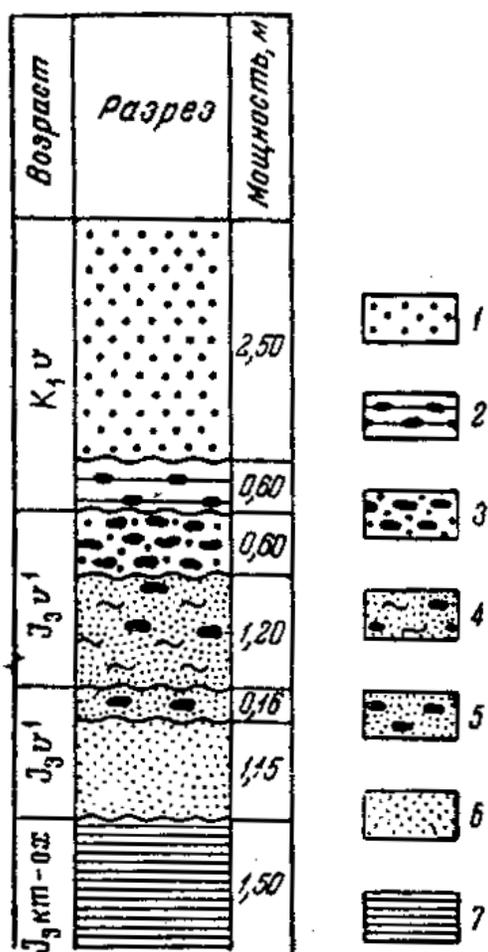
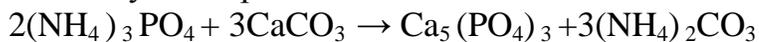


Рис.38 Геологический разрез фосфоритонесных отложений Егорьевского района.

1 – кварцевый песок; 2 – глина с фосфатизированной фауной и желваками фосфорита; 3 – фосфоритовые конкреции и фосфатизированная фауна; 4 – глинистый глауконитовый песок с редкими желваками фосфорита; 5 – глауконитовый песок с желваками фосфорита; 6 – песок глауконитовый; 7 – глина

Формирование фосфоритов связано с периодом обмеления моря, обуславливающим массовую гибель и скопление фосфорсодержащих морских организмов. Происходило разложение органического вещества с образованием углекислого аммония и фосфорнокислого кальция. Взаимодействие этих соединений приводило к выделению фосфорнокислого аммония. При взаимодействии последнего с известковыми раковинами возникал фосфорит по следующей реакции:



Образовывались фосфоритовые ракушечники. В результате диагенеза фосфорсодержащего осадка возникали желваки фосфорита.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ БАССЕЙНА КАРАТАУ

осадочные, морские, биохимические, формация геосинклинальных массивных фосфоритов

В Казахстане в пределах хребта Каратау. Размеры бассейна 150х(25-30) км. Известно 46 месторождений. Самые крупные – Чулактау, Джанатас, Аксай, Коксу.

Регион представляет антиклинорий северо-западного простирания, сформированный раннепалеозойским осадочным комплексом, трансгрессивно перекрывающим мощную докембрийскую осадочную толщу. Пласты залегают моноклинально (обычно северо-восточное падение под углами 30-35°, реже близкое к вертикальному), нарушены многочисленными надвигами и сбросами.

Залежи фосфоритов залегают среди доломитов и известняков чулактау-

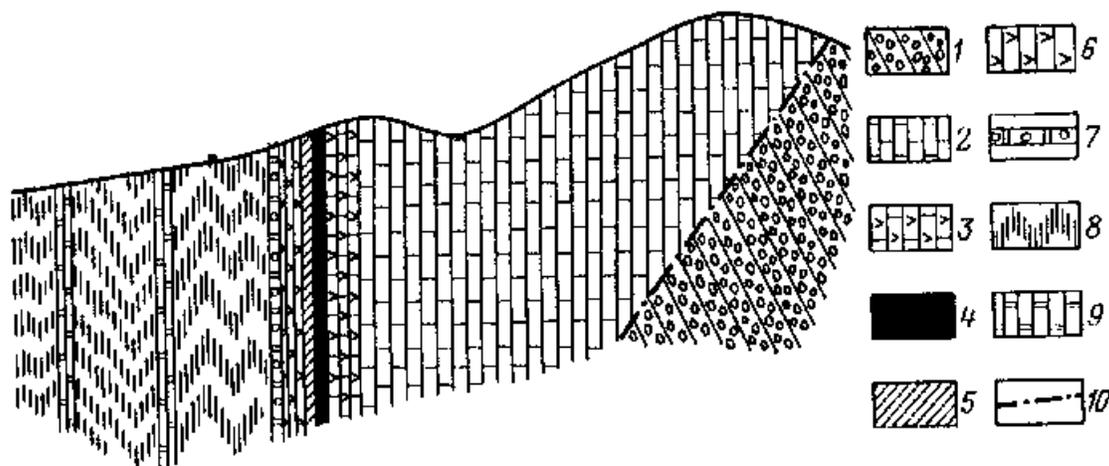


Рис.39 Схематический геологический разрез центральной части месторождения фосфора Чулактау.

1 – верхнедевонские конгломераты; 2, 3 – среднекембрийские-нижнесилурийские породы (2 – известняки и доломиты, 3 – «бурые» известняки); 4-7 – горизонты Чулактауской свиты (4- продуктивный, главная фосфоритовая пачка; 5 – кремнистый с прослоями фосфоритов; 6 – кремнистый; 7 – доломитовый); 8,9 – нижний кембрий (8 – нерасчлененные кремнистые породы; 9 – горизонты доломитов); 10 – линии тектонических нарушений.

ской свиты раннекембрийского возраста мощностью 50-100 м, которая снизу вверх разделяется на горизонты: доломитовый, кремнистый, кремнистый с прослоями фосфоритов (рис.39). Последний почти повсеместно размыт. Чулактауская свита перекрыта мощной толщей (более 2000м) доломитов, известняков (с прослоями кремней) среднекембрийского возраста. Выше залегают верхнедевонские конгломераты.

Число и мощность пластов фосфоритов в продуктивном горизонте непостоянны: от одного пласта мощностью 0.6-14 м (месторождение Чулактау) до 7 пластов суммарной мощностью 30 м (месторождение Коксу). Местами продуктивный горизонт размыт.

Фосфориты в основном микрозернистые, плотные, черные, серые и коричневатые различных оттенков. Сложены фосфатами, кварцем, халцедоном, доломитом. Присутствуют полевые шпаты, гидрослюда, силикаты магния и пирит. В местах размыва микрозернистые руды сменяются галечниками и конгломератами, состоящими из обломков фосфоритов и вмещающих пород.

Основная масса фосфоритов представлена фторкарбонат-апатитом, в котором часть фосфора замещена углеродом. Химический состав руд (в%): P_2O_5 – 18-30 (до 36%); SiO_2 – 8-18; Fe_2O_3 – 0.8-1.7; Al_2O_3 – 0.1-1; TiO_2 – 0.1; CaO – 28.5-44; MgO – 0.9-42.8; K_2O – 0.2-0.7; CO_2 – 4.9-9.3; SO_3 – 0.3-1.3; C – 0.6-0.8; F – 1.5-2.5. Из элементов-примесей в рудах содержатся стронций, редкие земли, ванадий, марганец, свинец. Продуктивность достигает 25 т/кв.м.

Местами фосфатная толща прорвана гранитами и близ контакта фосфориты метаморфизованы до апатитовых руд.

Месторождения разрабатываются открытым и подземным способами. Разведанные запасы фосфоритов бассейна составляют 2.1 млрд.т или 504 млн.т. P_2O_5 . Ресурсы оцениваются в 1.5 млрд.т. P_2O_5 . Фосфориты накапливались в мелководном морском бассейне в условиях аридного климата.

СЕРНОЕ СЫРЬЁ

Промышленные типы месторождений самородной серы

Эндогенные месторождения:

Вулканогенно-гидротермальные, связанные с современным андезитовым и андезит-дацитовым вулканизмом:

приповерхностные - формация серных кварцитов и опалитов;
поверхностные, формации: кратерных озёр, потоков серы.

Экзогенные месторождения:

Инфильтрационно-биохимические: солянокупольные, пластовые и пластообразные, линзовидные и гнездовые.

Промышленные типы месторождений серосодержащего сырья

Высокосернистые нефти и битумы, обогащённые сероводородом горючие газы, сульфидные медно-никелевые и колчеданные руды, природные сульфаты (ангидрит, гипс, алунит).

Экзогенные месторождения серы заключают около 90% мировых запасов и обеспечивают около 95% добычи самородной серы.

ВОДИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

экзогенное, инфильтрационно-биохимическое, пластовое

Входит в группу месторождений Среднего Поволжья, находящихся на площади в несколько сотен квадратных километров, вытянутой вдоль левого берега р.Волги (от г.Самары до г.Казани). Сера добывалась для производства пороха ещё при Петре Первом.

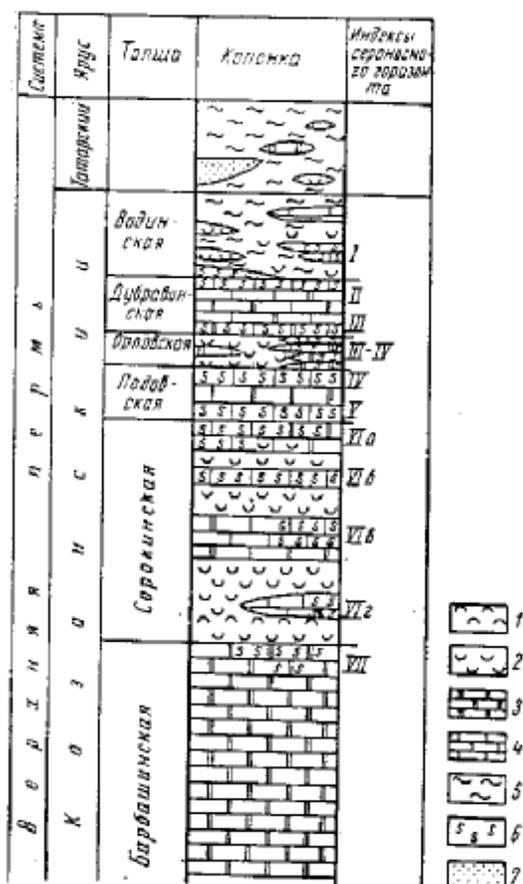


Рис.40 Схематическая литологическая колонка Водинского месторождения самородной серы.

1 – ангидрит; 2 – гипс; 3 – доломитовый известняк; 4 – известняк; 5 – глина; 6 – осернение; 7 – песок.

Связано с лагунными преимущественно доломит-сульфатными отложениями Казанского века поздней перми.

Вмещающие породы представлены доломитами, известняками, мергелями переслаивающимися с гипсами и ангидритами. В разрезе выделено

до 8 сероносных горизонтов (рис.40). Два верхних связаны с голубовато-серыми мергелями (водинская толща), остальные представляют осерненные битумнозные доломиты и известняки среди гипсов или на контактах с последними. Сероносные горизонты залегают почти горизонтально, их мощности изменяются от 0.1-0.2 до 3.5 м.

Главные рудообразующие минералы кальцит и сера. Сера представлена двумя разновидностями:

1. Ранней скрытокристаллической, слагающей прослой мощностью 4-5 см (прослеживаемые на значительные расстояния) или тонкораспылённой в известняке;
2. Явнокристаллической более поздней, формирующей агрегаты, иногда друзы кристаллов в кавернах в ассоциации с поздним кальцитом.

Содержание серы варьирует в пределах 10-25%. В рудах присутствуют глинистые минералы (1-6%), остальные компоненты (гипс, целестин, барит, кварц, халцедон, органическое вещество) содержатся в количествах не превышающих 2%. Присутствуют битумы, которые окрашивают серу в темно-серые и коричневые цвета.

Месторождение имеет инфильтрационно-метасоматическое происхождение. Возникло за счет серы сульфата кальция (ангидрита, гипса) в результате бактериальной сульфатредукции (при участии битумов), взаимодействии с хлоридными растворами и последующего окисления формирующегося сероводорода. Сера накапливалась вместе с вторичным кальцитом, замещающим гипс и ангидрит. Ранее месторождения относили к осадочным биохимическим, образовавшимся в лагунных и лагунно-морских бассейнах сингенетично с вмещающими породами.

МИНЕРАЛЬНЫЕ СОЛИ

Промышленные типы месторождений

Экзогенные месторождения:

Ископаемые осадочные морские твердых минеральных солей пластовые и солянокупольные, формации: бессульфатные галогенные (или каменной соли); бессульфатные калийно-магниевых солей и галита; сульфатные калийно-магниевых солей.

Рассолов и соляных источников

Современные: внутриконтинентальные озера – соляные, содовые; прибрежно-морские сульфатно-натровые бассейны; морские и океанические воды.

Другие источники получения калия и натрия: высококалиевые щелочные породы; алунитовые породы; селитры и приповерхностные селитряники; деминерализация вод с геотермальных установок.

Важнейшее промышленное значение имеют ископаемые осадочные месторождения твердых минеральных солей. Из рассолов и соляных источников попутно извлекают бром и йод (основные источники до-

бычи этих элементов). Около 30% поваренной соли в России добывают из современных внутриконтинентальных соляных месторождений.

СОЛИКАМСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

экзогенное, ископаемое твердых минеральных солей, морское, формация бессульфатных калийно-магниевых солей и галита

Месторождение находится в Пермской области на западном склоне северной части Урала в Верхнекамском соленосном бассейне. Соленосные отложения бассейна в основном относятся к кунгурскому ярусу нижней перми.

В разрезе соленосной серии соликамского месторождения (снизу вверх) выделяются (рис.41):

1. глинисто-доломит-ангидритовая толща мощностью 150-300 м;
2. толща подстилающей каменной соли средней мощностью 300-350 м, сложенная горизонтами (снизу-вверх): чередующихся слоев каменной соли и глинисто-ангидрит (гипс) – доломитовых пород; каменной соли с включениями сильвинита и каменной соли;
3. толща калийно-магниевых солей с прослоями каменной соли;
4. толща покровной каменной соли мощностью 18-20 м, сложенная галитом с незначительными вкраплениями калийных минералов и тонкими глинисто-ангидритовыми прослоями;
5. соленосная серия перекрыта гипсоносными глинами, мергелями известняками, песчаниками.

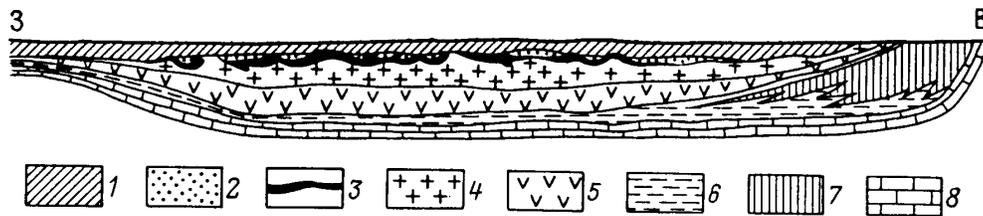


Рис.41 Схематический геологический разрез Соликамского соляного бассейна.

1-5 – кунгурский ярус (1 – покровные гипсоносные глины, мергели, известняки, песчаники; 2 – покровная, каменная соль; 3 – калийно-магниевые соли; 4 – подстилающая каменная соль; 5 – глинисто-доломит-ангидритовая толща); 6-8 – артинский ярус (6 – глины, известняки, доломиты; 7 – песчаники, мергели, глины, конгломераты, 8 – известняки).

В пределах толщ калийных солей различают нижний сильвинитовый горизонт мощностью до 40 м, в составе которого выделяют четыре сложных пласта сильвинита, разделенных каменной солью и верхний сильвинит-карналлитовый горизонт мощностью в среднем 60 м, где выявлены 9 пластов калийных солей (сложенных карналлитами или сильвинитами), чередующихся с пластами каменной соли.

Сильвиниты месторождения представлены красными, полосчатыми, пестрыми разностями и «сильвинитовыми шляпами» зоны гипергенеза. Среднее содержание K_2O по пластам сильвинитов колеблется от 19,63 до 37,89%. В промышленную переработку используются сильвиниты с содержанием K_2O не ниже 22%. Наиболее богатые руды находятся в нижнем сильвинитовом горизонте. «Сильвинитовая шляпа» отмечается в верхней части верхнего сильвинит-карналлитового горизонта. Слагающий шляпу сильвинит имеет красновато-желтый цвет, образовался в результате растворения и выноса $MgCl_2$ из карналлитовой породы.

Площадь месторождения превышает 1800 км². Запасы калийных солей в пересчете на K_2O оцениваются в 18.5 млрд.т, из которых на карналлитовую зону приходится около 12 млрд.т, а остальные 6.5 млрд.т – на рабочие пласты сильвинитовой зоны.

По материалам, приведённым в работе А.А.Додина, Н.М.Чернышова, Б.А.Яцкевича (Платинометальные месторождения России, 2000) в нерастворимом остатке красных сильвинитов (составляет 2-25% объёма породы) установлены содержания в г/т : Pt – до 24,2, Pd – до 3,4, Au – до 25, Ag – до 172. Нерастворимый остаток образован ангидритом, кварцем и другими минералами.

Месторождение образовалось путем последовательного осаждения сульфатов Ca (Ca, Mg), хлоридов Na, хлоридов K (K, Mg) во внутриконтинентальном морском бассейне. Формирование соленосной серии началось при интенсивном привносе терригенного материала. К моменту накопления мощной подстилающей толщи каменной соли привнос терригенного материала практически прекратился.

БОРНОЕ СЫРЬЁ

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения:

Скарновые: в известковых скарнах, данбурит-датолитовая формация; в магнезиальных скарнах; в магнезиальных скарнах: людвигит-суанит-котоитовая формация абиссальной фации; людвигит-суанит-котоитовая формация гипабиссальной фации.

Экзогенные месторождения:

Осадочные, химические, морские, борсодержащие, связанные с ископаемыми месторождениями твердых сульфатно-хлоридных и хлоридных калийно-магниевых минеральных солей.

Вулканогенно-осадочные: формация бороносных осадков современных бессточных соляных озер (саларов); формация бороносной рапы соляных озер, содержащей литий, мышьяк, вольфрам, фосфор, стронций; формация бороносных вулканогенно-глинистых отложений пресных озер
Остаточно-инфильтрационные боратовые в гипсовых шляпах соляных куполов.

За рубежом главное промышленное значение имеют вулканогенно-осадочные месторождения бора. Для России характерны скарновые месторождения бора – разрабатываются датолитовые руды Дальнегорского месторождения.

ДАЛЬНЕГОРСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

эндогенное, скарновое, в известковых скарнах, данбурит-датолитовая формация

Находится в Приморском крае около г.Дальнегорска. Расположено в зоне мезозойской складчатости. Район сложен эффузивными и осадочными породами мезозойского и кайнозойского возраста. Известняки верхнего триаса, с которыми связаны промышленные залежи, подстилаются и перекрываются песчано-сланцевыми породами того же возраста – песчаниками, алевролитами, кремнистыми сланцами. Верхнетриасовые отложения прорваны палеогеновыми гранитоидами (гранодиоритами, граносиенитами, кварцевыми диоритами), а также дорудными и интратрудными дайками диабазовых и андезитовых порфиритов. Месторождение приурочено к асимметричной антиклинальной складке, юго-восточное крыло которой опрокинута с падением на СЗ под углами 60-85°. В этом крыле и локализованы рудные тела. На месторождении отмечается ряд разрывных нарушений типа сбросов, взбросов и надвигов как продольных, так и поперечных и меридиональных.

Скарны, генезис которых связывают с внедрением палеогеновых гранитоидов, развиты как по известнякам, так и по песчано-сланцевым породам. По известнякам развились датолитсодержащие мангангеденбергитовые, андрадитовые и волластонитовые скарны с небольшим количеством данбурита и аксинита; при этом с глубиной количество волластонита увеличивается. По известнякам с прослоями глинистых сланцев и кремнистым сланцам с прослоями известняков возникли гранат-данбурит-пироксеновые скарны, местами с аксинитом. По песчано-сланцевым породам развиты преимущественно аксинитсодержащие эпидот-гроссуляровые скарны. В скарнах датолит и данбурит развиваются по более ранним скарновым минералам: волластониту, гранату, пироксену, а также по кальциту и кварцу. Геденбергит (точнее мангангеденбергит) и частично волластонит подверглись своеобразному низкотемпературному

гидротермальному изменению – гизингеритизации (точнее мангангизингеритизации). Мангангизингерит – водный силикат железа и марганца. Вместе с гизингеритом возникают кварц, кальцит и реже – опал. Макроскопически гизингеритизация проявляется в побурении пироксена и волластонита, а при далеко зашедшем процессе пироксен превращается в хрупкую тонкозернистую или землистую массу бурокоричневого или черного цвета.

Рудные тела преимущественно крутопадающие, имеют форму линзо- и пластообразных залежей. Прослежены по простиранию до 3 км, по падению до нескольких сотен метров. Мощность колеблется от десятков до сотен метров. Разрабатывается только датолитовый тип руд. Минеральный состав руд, кроме датолита (данбурита), представлен в основном гранатом, пироксеном, волластонитом, кальцитом, кварцем. Содержание V_2O_5 от 8 до 12%. Структура руд разнозернистая, от мелко- до крупнозернистой, редко гигантозернистая; текстура массивная, вкрапленная, пятнистая, сетчатая, полосчатая, друзовая.

Руды требуют обогащения. Содержание V_2O_5 в концентрате должно быть не ниже 17.1%. Месторождение разрабатывается открытым способом. По запасам V_2O_5 месторождение относится к группе уникальных (около 10 млн.т). Попутно извлекаются волластонит и вмещающие породы в качестве поделочных, облицовочных строительных камней.

Генетическая связь оруденения с предположительно находящимся на глубине гранитоидным массивом обосновывается увеличением с глубиной количества волластонита и повышенным содержанием борсодержащего минерала – турмалина в гранитоидах района.

Литература

1. Курс месторождений неметаллических полезных ископаемых / В.Ф.Дыбков, А.Е.Карякин, В.Д.Никитин и др. – М.: Недра, 1969.- 472с.
2. Курс рудных месторождений /В.И.Смирнов, А.И.Гинзбург, В.М.Григорьев и др. – 2-е изд. – М.: Недра, 1986. – 360 с.
3. Месторождения металлических полезных ископаемых / В.В.Авдонин, Б.Е.Бойцов, В.М.Григорьев и др. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999. – 272 с.
4. Промышленные типы месторождений неметаллических полезных ископаемых: Учебник для вузов / А.Е.Карякин, П.А.Строна, Б.Н.Шаронов и др. – М.: Недра, 1985. – 286 с.
5. Романович И.Ф. Месторождения неметаллических полезных ископаемых. Учеб. пособие / И.Ф.Романович – М.: Недра, 1986 – 366 с.
6. Рудные месторождения СССР / Под ред. акад. В.И.Смирнова: в 3 т. – М.: Недра, 1974. – Т.1. – 328 с.; Т.2. – 392 с.; Т.3. – 471 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
I. МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	4
<i>ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ</i>	5
ЖЕЛЕЗО	5
КЕРЧЕНСКИЙ ЖЕЛЕЗОРУДНЫЙ БАССЕЙН	5
ЖЕЛЕЗОРУДНЫЙ БАССЕЙН КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ (КМА)	6
ТИТАН	8
КУСИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ	8
МАРГАНЕЦ	9
НИКОПОЛЬСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ МАРГАНЦА	10
ХРОМ	11
МЕСТОРОЖДЕНИЯ КЕМПИРСАЙСКОГО МАССИВА	11
<i>ЛЕГИРУЮЩИЕ МЕТАЛЛЫ</i>	13
НИКЕЛЬ И КОБАЛЬТ	13
ТАЛНАХСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ	14
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОСТРОВА НОВАЯ КАЛЕДОНИЯ	15
ВОЛЬФРАМ	16
МЕСТОРОЖДЕНИЕ ТЫРНЫАУЗ	16
ДЖИДИНСКАЯ ГРУППА МЕСТОРОЖДЕНИЙ	18
МОЛИБДЕН	19
МЕСТОРОЖДЕНИЕ ВОСТОЧНЫЙ КОУНРАД	19
СОРСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ	21
<i>ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ</i>	23
МЕДЬ	23
КОУНРАДСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ	23
ГАЙСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ	25
УДОКАНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ	27
СВИНЕЦ И ЦИНК	29
РИДДЕР-СОКОЛЬНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ	29
АЛЮМИНИЙ	31
ВИСЛОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ	31
СЕВЕРО-УРАЛЬСКИЙ БОКСИТОНОСНЫЙ РАЙОН (СУБР)	32
<i>МАЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ (Sn, Hg, Sb)</i>	34
ОЛОВО	34
КОМСОМОЛЬСКИЙ ОЛОВОРУДНЫЙ РАЙОН (ФЕСТИВАЛЬНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ)	34

РТУТЬ И СУРЬМА	36
НИКИТОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ	36
КАДАМДЖАЙСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ	37
<i>БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ</i>	38
ЗОЛОТО	38
БЕРЕЗОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ	38
МЕСТОРОЖДЕНИЕ ВИТВАТЕРСРАНД	40
МЕТАЛЛЫ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ (МПГ)	41
НИЖНЕ-ТАГИЛЬСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ	41
II. МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	43
<i>ГРУППА ИНДУСТРИАЛЬНОЕ СЫРЬЁ</i>	43
<i>ГРУППА ХИМИЧЕСКОЕ И АГРОНОМИЧЕСКОЕ СЫРЬЁ</i>	43
ИНДУСТРИАЛЬНОЕ СЫРЬЁ	43
АЛМАЗЫ	43
ТРУБКА «МИР»	44
ТРУБКА «АРГАЙЛ»	45
СЛЮДЫ	47
МУСКОВИТ	48
МЕСТОРОЖДЕНИЯ МАМСКО-ЧУЙСКОЙ	
МУСКОВИТОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ	48
ФЛОГОПИТ	50
КОВДОРСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ	50
АЛДАНСКИЙ ФЛОГОПИТОНОСНЫЙ РАЙОН	51
АСБЕСТЫ	52
ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТ	52
АМФИБОЛ-АСБЕСТЫ	53
ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТ	53
БАЖЕНОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ	53
ИСЛАНДСКИЙ ШПАТ	55
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИСЛАНДСКОГО ШПАТА ТУНГУССКОЙ	
ПРОВИНЦИИ	55
ГЛИНЫ. ГЛИНИСТЫЕ ПОРОДЫ	57
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОГНЕУПОРНЫХ ГЛИН БОРОВИЧСКО-	
ЛЮБЫТИНСКОГО РАЙОНА	58
МАГНЕЗИТ И БРУСИТ	59
МЕСТОРОЖДЕНИЯ САТКИНСКОЙ ГРУППЫ	59
ГРАФИТ	61
ЗАВАЛЬЕВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ КРУПНОЧЕШУЙЧАТОГО	
ГРАФИТА	61

НОГИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ АМОРФНОГО ГРАФИТА (ТУНГУССКАЯ ГРАФИТОНОСНАЯ ПРОВИНЦИЯ)	63
ФЛЮОРИТ (ФТОРНОЕ СЫРЬЁ)	64
КАЛАНГУЙСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ	65
ТАЛЬК	66
ОНОТСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ	66
БАРИТ	68
ХОЙЛИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ	69
<i>ГРУППА ХИМИЧЕСКОЕ И АГРОНОМИЧЕСКОЕ СЫРЬЁ</i>	<i>70</i>
ФОСФАТНОЕ СЫРЬЁ АПАТИТЫ	70
ХИБИНСКАЯ ГРУППА МЕСТОРОЖДЕНИЙ	70
ФОСФОРИТЫ	72
ЕГОРЬЕВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ	72
МЕСТОРОЖДЕНИЯ БАССЕЙНА КАРАТАУ	74
СЕРНОЕ СЫРЬЁ	75
ВОДИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ	76
МИНЕРАЛЬНЫЕ СОЛИ	77
СОЛИКАМСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ	78
БОРНОЕ СЫРЬЁ	79
ДАЛЬНЕГОРСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ	80
Литература	81

Авторы: Быков Игорь Николаевич,
Коваль Ирина Константиновна
Редактор Тихомирова О.А.