

Поминов Г.А.

Сборник по рудным месторождениям

2006г.

*Федеральное агентство по образованию государственное образовательное учреждение
среднего профессионального образования
«Московский колледж управления и новых технологий»*

Сборник по рудным месторождениям



*Студент группы ОСЗ-1, главный редактор «Студенческого экологического
вестника», лаборант ЦМК №3*

Специальность:

*«Охрана окружающей среды и рациональное использование природных
ресурсов»*

*В сборнике заключены труды Бондарева Всеволода Петровича – в них вы
найдете очень интересные и захватывающие сведения, касающиеся:
«ВОЖМИНСКОЕ МЕДНО-НИКЕЛЕВОЕ РУДОПРОЯВЛЕНИЕ»,
«МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ» «ПИКТЯРАНСКОЕ
ОЛОВЯННО-ЖЕЛЕЗО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ».
Сборник поможет найти ответы на интересующие Вас вопросы, узнать много
общего и интересного, что касается в целом геологии, геохимии и экологии.
Поможет погрузиться в атмосферу удивительных открытий и возможностей.*

Москва - 2006 г



Этот сборник я посвящаю Всеволоду Петровичу Бондареву — кандидату геолого-минералогических наук, доценту кафедры геологии и геохимии ландшафта, который дарил каждому, кто приходил к нему на занятия, великолепные рассказы и о геологии, и о случаях, которые с ним происходили. Это бфл, замечательный, всегда веселый, бодрый и жизнерадостный Человек. Я пишу слово «Человек, именно с большой буквы потому, что это не просто человек, а тот Человек, который смог пробудить у студентов чувство радости и стремления к знаниям, который находил индивидуальный подход к каждому. Находясь рядом с этим Человеком, всегда чувствуешь в глубине души что-то родное и близкое, что согревает тебя и приносит радость. Таких людей на свете единицы, и я очень рад, что знал одного из них. Хочу выразить слова благодарности его семье за столь замечательного Человека и друга, который может понять тебя и прийти на помощь в трудную минуту.

Георгий Поминов

Оглавление:

	<i>МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.....</i>	<i>4</i>
◆	Геологические условия образования и региональные закономерности размещения месторождений.	
◆	Учение о Природных ископаемых.	
◆	Минеральные ресурсы.	
◆	Запасы и добыча важнейших полезных ископаемых капиталистических и развивающихся странах (по континентам)	
◆	Ресурсы важнейших видов минерального сырья в капиталистических и развивающихся странах (достоверные и вероятные запасы на начало 1973)	
	<i>ПИКТЯРАНСКОЕ ОЛОВЯННО-ЖЕЛЕЗО-ПОЛИМЕТАЛИЧЕСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ.....</i>	<i>16</i>
◆	Краткая характеристика рудовмещающей толщи.	
◆	Минеральный состав и стадии минералообразования.	
◆	Минеральный состав руд Питкярантского месторождения.	
◆	Схема гипогенного минералообразования Пяктинского месторождения.	
◆	О зоне окисления месторождения.	
	<i>ВОЖМИНСКОЕ МЕДНО-НИКЕЛЕВОЕ РУДОПРОЯВЛЕНИЕ.....</i>	<i>21</i>
◆	Рудоносность района.	
◆	Гипогенное минералообразование и парагенезисы минералов.	
◆	Магматический этап минералообразования.	
◆	Гидротермальный этап минералообразования.	
◆	Сульфидно-никелевая стадия	
◆	Окисно-сульфидная стадия.	
◆	Полиметаллическая стадия.	
◆	Минеральный состав руд Восточного рудопроявления.	
◆	Гепергенные минералы и зона окисления Вожминского рудопроявления.	
◆	Схема гипогенного минералообразования Вожминского рудопроявления.	



(•. •. •.).

Месторождение полезного ископаемого, скопление минерального вещества на поверхности или в недрах Земли в результате тех или иных геологических процессов, по количеству, качеству и условиям залегания пригодного для промышленного использования. Месторождения могут заключать газовые (горючие газы углеводородного состава и негорючие газы — гелий, неон, аргон, криптон), жидкие (нефть и подземные воды) и твёрдые (ценные элементы, кристаллы, минералы, горные породы) полезные ископаемые. По промышленному использованию М. п. и. разделяются на рудные (или металлические), нерудные (или неметаллические), горючие (или каустобиолиты) и гидроминеральные. Месторождения подземных вод (питьевые, технические, бальнеологические, или минеральные, а также нефтяные, содержащие бром, йод, бор, радий и др. элементы в количестве, достаточном для их извлечения) отличаются от месторождений др. полезных ископаемых возобновляемостью запасов. Минимальное количество полезного ископаемого и наиболее низкое его качество, при которых, однако, возможна эксплуатация, называется промышленными кондициями. М. п. и. могут выходить на поверхность Земли (открытые месторождения) или быть погребёнными в недрах (закрытые, или «слепые», месторождения). По условиям образования месторождения подразделяются на серии (седиментогенные, магматогенные и метаморфогенные месторождения), а серии, в свою очередь, — на группы, классы и подклассы.

Седиментогенные месторождения (поверхностные, экзогенные) М. п. и. формировались на поверхности и в приповерхностной зоне Земли вследствие химической, биохимической и механической дифференциации минеральных веществ, обусловленной внешней энергией Земли. Среди них выделяются 3 группы М. п. и.:

1. *выветривания,*
2. *россыпные,*
3. *осадочные.*

Магматогенные (глубинные, эндогенные) М. п. и. формировались в недрах Земли при геохимической дифференциации минеральных веществ, обусловленной возникновением магмы и её воздействием на окружающую среду за счёт внутриземных источников энергии. Среди них выделяется 5 основных групп:

1. *магматические месторождения,*
2. *пегматитовые М. п. и.,*
3. *карбонатитовые М. п. и.,*
4. *скарновые М. п. и.,*

5. гидротермальные месторождения.

Метаморфогенные М. п. и. возникали в процессе регионального и локального метаморфизма горных пород.

В соответствии с принятым подразделением геологической истории различают М. п. и. архейского, протерозойского, рифейского, палеозойского, мезозойского и кайнозойского возраста. По источникам вещества, слагающего М. п. и., среди них выделяются месторождения с веществом подкоровых (мантийных, или базальтовых), коровых (или гранитных) магм, а также осадочной оболочки Земли. По месту формирования месторождения разделяются на геосинклинальные (складчатых областей) и платформенные. Известны 4 уровня образования М. п. и. от поверхности Земли: ультраабиссальный — свыше 10—15 км; абиссальный — от 3—5 до 10—15 км; гипабиссальный — от 1—1,5 до 3—5 км; приповерхностный — до глубины 1—1,5 км.

Полезные ископаемые, минеральное сырьё, природные минеральные образования земной коры неорганического и органического происхождения, которые могут быть эффективно использованы в сфере материального производства. По физическому состоянию П. и. делятся на твёрдые (угли ископаемые, руды, нерудные полезные ископаемые), жидкие (нефть, минеральные воды) и газообразные (газы природные горючие и инертные газы).

Геологические условия образования и региональные закономерности размещения месторождений.

П. и. формировались в течение всей истории развития земной коры, вследствие эндогенных и экзогенных процессов. Вещества, необходимые для образования П. и., поступают в магматических расплавах, жидких и газообразных растворах из верхней мантии, земной коры и поверхности Земли.

Магматогенные (эндогенные) месторождения подразделяются на несколько групп. Так, при внедрении в земную кору и остывании магматических расплавов образуются магматические месторождения. С интрузивами основного состава связаны руды Cr, Fe, Ti, Ni, Cu, Co, группы платиновых металлов и др.; к щелочным массивам магматических пород приурочены руды P, Ta, Nb, Zr и редких земель. С гранитными пегматитами генетически связаны месторождения слюды, полевых шпатов, драгоценных камней, руд Be, Li, Cs, Nb, Ta, частью Sn, U и редких земель. Карбонатиты, ассоциированные с ультраосновными — щелочными породами, представляют собой важный тип месторождений, в которых накапливаются руды Fe, Cu, Nb, Ta, редких земель, а также апатита и слюд. В контактово-метасоматических месторождениях, особенно в скарнах, находятся руды Fe, Cu, Co, Pb, Zn, W, Mo, Sn, Be, U, Au, скопления горного хрусталя, графита, бора и др. П. и. Большое количество П. и. концентрируется в пневматолитовых месторождениях и гидротермальных месторождениях. Среди них главное значение имеют месторождения руд Cu, Ni, Co, Zn, Pb, Bi, Mo, W,

Sn, Li, Be, Ta, Nb, As, Sb, Hg, Cd, In, S, Se, Au, Ag, U, Ra, а также кварца, барита, флюорита, асбеста и др.

Седиментогенные месторождения, возникающие при экзогенных процессах, подразделяются на осадочные, россыпные и выветривания. Осадочные месторождения формируются на дне морей, озёр, рек и болот, образуя пластовые залежи во вмещающих их осадочных горных породах. Россыпи, содержащие ценные минералы (золото, платину, алмазы и др.), накапливаются в прибрежных отложениях океанов и морей, а также в речных и озёрных отложениях, на склонах долин. Месторождения выветривания связаны с древней и современной корой выветривания, для которой характерны инфильтрационные месторождения руд урана, меди, самородной серы и остаточные месторождения никеля, железа, марганца, бокситов, магнезита, каолина.

В обстановке высоких давлений и температур, которые господствуют в глубоких недрах, преобразуются ранее существовавшие месторождения с возникновением метаморфогенных залежей (например, железной руды Криворожского бассейна и Курской магнитной аномалии, золотые и урановые руды Южной Африки) либо образуются вновь в процессе метаморфизма горных пород (месторождения мрамора, андалузита, кианита, графита и др.).

Исследование связей между месторождениями П. и. и, гл. чертами геологического строения и геологической истории данной территории, а также её геохимическими, гидрогеологическими и геоморфологическими особенностями служит научной основой для поисков и разведки П. и. и позволяет выявлять закономерности размещения их месторождений. Крупные, географически и геологически обособленные территории, с приуроченными к ним определёнными группами месторождений, называют провинциями П. и. Закономерности размещения П. и. в пределах провинций зависят от принадлежности региона к геосинклиналям, платформам и зонам тектономагматической активизации, от их геологического возраста, эпохи формирования П. и., полноты проявления стадий геологического развития данного участка земной коры, характера распространённых в пределах провинции тех или иных формаций горных пород, глубины эрозионного среза и др.

Рудные провинции выделяются по принципу оконтуривания площадей развития месторождений определённой эпохи. Они подразделяются на рудные области, а последние — на рудные районы с развитыми в их границах месторождениями определённых рудных формаций. На территории рудных районов обособляются рудные поля с совокупностью месторождений, объединяемых общностью происхождения и геологической структуры. Рудные поля состоят из рудных месторождений, охватывающих одно или несколько сближенных рудных тел, пригодных для разработки одним рудником.

В соответствии с характером формаций горных пород и ассоциированных с ними руд различают типы провинций. Например, фемические, или уральского типа, с преобладающим развитием формаций базальтоидной магмы и свойственными им месторождениями руд Fe, Ti, V, Cr, платиноидов, Cu. Им противопоставляются сиалические, или верховьянского типа, провинции с преобладанием формаций гранитоидной магмы и связанными с ними месторождениями руд Sn, W, Be, Li.

Иногда провинции выделяют по сочетанию специфических для них месторождений П. и. и их географическому положению [например, оловянная провинция Дальнего Востока, Украинская графитоносная провинция, Тунгусская графитоносная провинция, золотоносная провинция Колымы, свинцово-цинковая провинция долины Миссисипи в США, Средиземноморская бокситовая провинция и др.].

Важнейшие рудные провинции отвечают основным этапам геологического развития Земли и металлогеническим эпохам: альпийской (внутренняя часть Тихоокеанского геосинклинального пояса, Средиземноморский геосинклинальный пояс), киммерийской (внешняя часть Тихоокеанского геосинклинального пояса), герцинской (Урало-Монгольский складчатый геосинклинальный пояс), каледонской (например, Норвегия, Западный Саян), рифейской (южная окраинная часть Сибирской платформы), протерозойской (Восточно-Европейская и Сибирская платформы).

В пределах угленосных провинций различают угольные бассейны, районы и месторождения. В нефтегазоносных провинциях (или бассейнах) выделяют области, районы, зоны нефтегазонакопления и нефтяные, газовые или нефтегазовые месторождения.

Учение о Природных ископаемых.

Первые представления об условиях образования П. и. появились ещё до н. э. Греческий философ Фалес (7 в. до н. э.) выдвинул гипотезу о том, что первоисточником всего живого и мёртвого является вода. Век спустя Гераклит и несколько позже Зенон утверждали, что П. и. образовались под воздействием огня. В средние века Г. Агрикола исследовал условия образования П. и. и впервые классифицировал месторождения по форме залегания. М. В. Ломоносов положил начало изучению генезиса П. и. в развитии. Этому были посвящены также работы плутониста Дж. Геттона и непуниста А. Вернера. Из русских геологов значительный вклад в геологию П. и. внесли Д. И. Соколов, Г. Е. Шуровский, К. И. Богданович, В. А. Обручев и др.

В советское время дифференциация исследований П. и. по генезису привела к созданию крупных научных направлений: рудообразование (А. Г. Бетехтин, Ю. А. Билибин, А. Н. Заварицкий, Д. С. Коржинский, В. М. Крейтер, В. А. Николаев, В. И. Смирнов, С. С. Смирнов, А. Е. Ферсман и др.), твёрдые горючие

ископаемые (А. А. Гапеев, И. И. Горский, Ю. А. Жемчужников, А. К. Матвеев, П. И. Степанов), геология нефти (Н. Б. Вассоевич, И. М. Губкин, С. И. Миронов, М. Ф. Мирчинк и др.), геология нерудных П. и. (П. М. Татаринцов и др.).

За рубежом к концу 19 — началу 20 вв. в теории формирования месторождений П. и. сложилось несколько научных школ: американская (В. Линдгрэн) — анализ геологических структур, контролирующих процесс формирования и локализацию скоплений П. и., моделирование природных физико-химических условий их формирования; немецкая (Г. Шнейдерхен) — изучение минерального вещества месторождений; французская (Л. де Лоне, Л. Эли де Бомон) — региональный анализ металлоносности; японская (Т. Като, Т. Вэтанаба) — исследование вулканогенного рудообразования. В учение о геологии угля внесли вклад В. Готан, Г. Потонье, Р. Тиссен и др.; нефти и природных газов — В. Гассоу, Х. Хёфер, Дж. Уайт и др.

Современное состояние учения о П. и. позволяет прогнозировать нахождение определённых типов П. и. на конкретной территории. Теория формирования П. и. требует дальнейших исследований (уточнения источников вещества, дающего начало П. и., форм их миграции, геологических и физико-химических параметров концентрации, а также глубины распространения П. и.).

Минеральные ресурсы.

Совокупность П. и., заключённых в недрах (государства, континента или всего мира), составляет понятие минеральные ресурсы, которые являются основой для развития важнейших отраслей промышленного производства (энергетика, чёрная и цветная металлургия, химическая промышленность, строительство).

В зависимости от области промышленного применения среди минеральных ресурсов выделяют главные группы:

- а) топливно-энергетическую (нефть, природный газ, ископаемый уголь, горючие сланцы, торф, урановые руды);
- б) рудные, являющиеся сырьевой основой для чёрной и цветной металлургии (железная и марганцевая руды, хромиты, бокситы, медные, свинцово-цинковые, никелевые, вольфрамовые, молибденовые, оловянные, сурьмяные руды, руды благородных металлов и др.);
- в) горно-химическое сырьё (фосфориты, апатиты, поваренная, калийные и магнезиальные соли, сера и её соединения, барит, борные руды, бром и йодсодержащие растворы);
- г) природные строительные материалы и большая группа нерудных П. и., а также поделочные, технические и драгоценные камни (мрамор, гранит, яшма, агат, горный хрусталь, гранат, корунд, алмаз и др.);

д) гидроминеральные (подземные пресные и минерализованные воды).

Табл. 1. — Запасы и добыча важнейших полезных ископаемых капиталистических и развивающихся странах (по континентам)

Полезные ископаемые	Всего	Европа	Азия	Африка	Сев. Америка	Южная Америка	Австралия и Океания
Нефть, млн. т							
запасы	71241	1185	50221	8892	6918	3725	300
добыча	2179	16	975	279	674	219	16
Природный газ, млрд. м ³							
запасы	36200	4995	11090	7120	9778	1705	1510
добыча	933	123	45	4	736	22	3
Уголь							
запасы, млрд. т	743	276	109	31	270	4	53
добыча, млн. т	1290	427	140	64	567	8	84
Уран, тыс. т							
запасы ¹	1080	69,5	7	348	516	10	129,5
производство ²	23,23	1,9	0,08	4,9	1625	0,1	—
Железная руда, млн. т							
запасы	62458	11850	99,14	5796	14448	13215	7234
добыча	487	122	42	62	122,2	75,3	63
Бокситы, млн. т							
запасы	3456	101	143	1391	423	320	1078
добыча	55,9	5,7	4	3,7	17,3	10,9	14,4
Медь, млн. т							
запасы ⁴	250	6,5	18	51	98,8	67,6	8,5
производство	5,5	0,15	0,4	1,4	2,26	0,95	0,3
Свинец, млн. т							
запасы ⁴	63,7	10,8	3,6	3,8	32	4,5	9
производство	2,45	0,3	0,13	0,2	1,15	0,25	0,42
Цинк, млн. т							
запасы ⁴	105,7	18	8,6	4,7	55,8	8,6	10
производство ⁵	4,26	0,64	0,42	0,27	2,06	0,4	0,47
Никель, тыс. т							
запасы ⁴	49320	1350	7270	1270	10600	1530	27300
производство ⁵	465	16	13	24	264	4	144
Олово, тыс. т							
запасы ⁴	2800	145	1450	305	39	696	160
производство ⁵	194,6	4,5	124	17,2	0,6	36,4	12

Калийные соли, млн. т K ₂ O							
запасы	11000-21000	2600	2000	—	6400-16400	—	—
добыча	11,9	4,7	0,6	0,3	6,3	0,004	—
Фосфориты, млн. т							
запасы	20900	6	554	69,3	10500	1630	1280
добыча	66,2	0,03	1,75	25,6	35,1	0,2	3,5

¹ Запасы U₃O₈ в руде. ² Производство U₃O₈ в концентрате. ³ Добыча в пересчёте на товарную руду. ⁴ Запасы металла в руде. ⁵ Производство металла в концентрате.

Подобная группировка минеральных ресурсов условна, т.к. области промышленного применения одних и тех же П. и. могут быть различными (например, нефть и газ — не только экономичные виды топлива, но и важнейшее технологическое сырьё для химической промышленности).

Минеральные ресурсы имеют количественную оценку, выражаемую запасами полезных ископаемых, выявленных и разведанных; при этом величина разведанных запасов минерального сырья изменяется в зависимости от размеров добычи П. и., степени разведанности (прироста разведанных запасов), а также от развития геологических знаний о строении земной коры и возможных концентрациях П. и. в различных её частях. Данные о суммарных достоверных и вероятных запасах важнейших видов минерального сырья и о размерах его добычи по континентам (запасы на начало 1973, добыча за 1972) приведены в табл. 1; в табл. 2 — ресурсы важнейших видов минерального сырья капиталистических и развивающихся стран (по данным «Минеральные ресурсы промышленно развитых капиталистических и развивающихся стран», М., 1974).

Наиболее значительные запасы марганцевых РУД разведаны в Габоне, Бразилии, ЮАР, Индии и Австралийском Союзе; хромитов в ЮАР, Южной Родезии, Турции и на Филиппинах; кобальтовых руд в Заире, Замбии, Канаде и Н. Каледонии; вольфрамовых руд в Южной Корее, Австрал. Союзе, Боливии, Португалии, США, Бразилии; молибденовых руд в США, Канаде, Чили и Перу; ртутных руд в Испании, Италии, Турции и Мексике; сурьмяных руд в Боливии, ЮАР, Турции, Таиланде и Мексике; асбеста в Канаде и Южной Родезии; калийных солей в Канаде, ФРГ, США и Франции; фосфоритов в США, Марокко, Алжире, Тунисе, Перу и Австралийском Союзе; самородной серы в Ираке, Мексике, США, Иордании, Японии и Италии.

О ресурсах руд благородных металлов и алмазов можно судить по данным о размерах их добычи, которая за 1972 составила: золота (в т) — в ЮАР свыше 910, Канаде 65, в США 44, Гане 23, в Австрал. Союзе 23; серебра (производство, в т) — в Канаде около 1500, в Перу 1250, Мексике и США по 1160, в Австралийском Союзе 700; платиновых металлов (в т) — в ЮАР около 42, Канаде 12,4; алмазов (в млн. карат) — в Заире 13,4, ЮАР 7,4, Гане 2,6, Ботсване — 2,4, Анголе — 2,2, Сьерра-Леоне — 1,8, Намибии — 1,6.

Многие промышленно развитые государства (Япония, Великобритания, ФРГ, Франция и др.) не располагают достаточным количеством минеральных ресурсов; даже США, богатые многими видами минерального сырья, зависят от ввоза никеля, марганца, бокситов, олова, вольфрама, слюды, алмазов и др.

Крупными минеральными ресурсами располагают социалистические страны, особенно СССР.

Советский Союз занимает первое место в мире по разведанным запасам и добыче угля, железных и марганцевых руд, калийных солей, первое место по запасам и второе по добыче природного газа и асбеста, второе место по добыче нефти, ведущее место по запасам, добыче и производству многих цветных металлов, фосфатных удобрений, хромита и др. П. и. В СССР сосредоточено около 50% мировых прогнозных угольных ресурсов: геологические запасы каменного угля, подсчитанные до глубины 1800 м и бурого угля до 600 м, оцениваются в 6800 млрд. т, из которых свыше 260 млрд. т разведаны по категориям А, В и С₁. Значительны сырьевые ресурсы нефти и природного газа. Прогнозные геологические запасы природного газа превышают 120 трлн. м³ (около 30% мировых), в том числе разведанные составляют около 23 трлн. м³, из которых свыше 60% сосредоточено в крупнейших месторождениях Тюменской обл. Разведанные запасы железных руд составляют около 40% мировых ресурсов и марганцевых руд — свыше 75% мировых запасов. Общие балансовые запасы железных руд в СССР превышают 100 млрд. т, в том числе разведанные — 60 млрд. т. Выявлены крупные ресурсы калийных солей, фосфатных руд, алюминиевого сырья, меди, никеля, свинца, цинка, вольфрама, молибдена, олова, сурьмы, редких и благородных металлов, асбеста, графита, слюды, флюорита, магнезита, серы, каменной соли, борных руд, разнообразных каменных строительных материалов и многое др. СССР стал крупным экспортёром минерального сырья и его продуктов, в первую очередь в другие социалистические страны.

В Албании разведаны месторождения хромитов и никелевых руд. Болгария располагает залежами угля и лигнитов, железных руд, рудами свинца, цинка и меди, а также минеральными водами. В Венгрии имеются значительные запасы бокситов; разведаны месторождения бурого угля, лигнитов, руд марганца, залежи нефти и газа. В ДРВ выявлены месторождения каменного угля, железные руды, апатита, руд олова, вольфрама, свинца и цинка. ГДР занимает одно из ведущих мест в мире по запасам бурых углей и калийных солей, известны месторождения медных руд, флюорита, свинцово-цинковых и урановых руд. В Китае имеются крупные запасы каменного и бурого углей, железных руд, а также руд олова, ртути, сурьмы, вольфрама, молибдена, титана, ванадия, свинца, цинка, серебра и др. В КНДР известны месторождения каменного и бурого угля, руд железа, меди, свинца, цинка, вольфрама, молибдена, хрома, кобальта, никеля, графита, магнезита. Куба располагает залежами руд кобальта никеля и меди. В Монголии выявлены месторождения каменного угля, железных руд,

Табл. 2. — Ресурсы важнейших видов минерального сырья в капиталистических и развивающихся странах (достоверные и вероятные запасы на начало 1973)

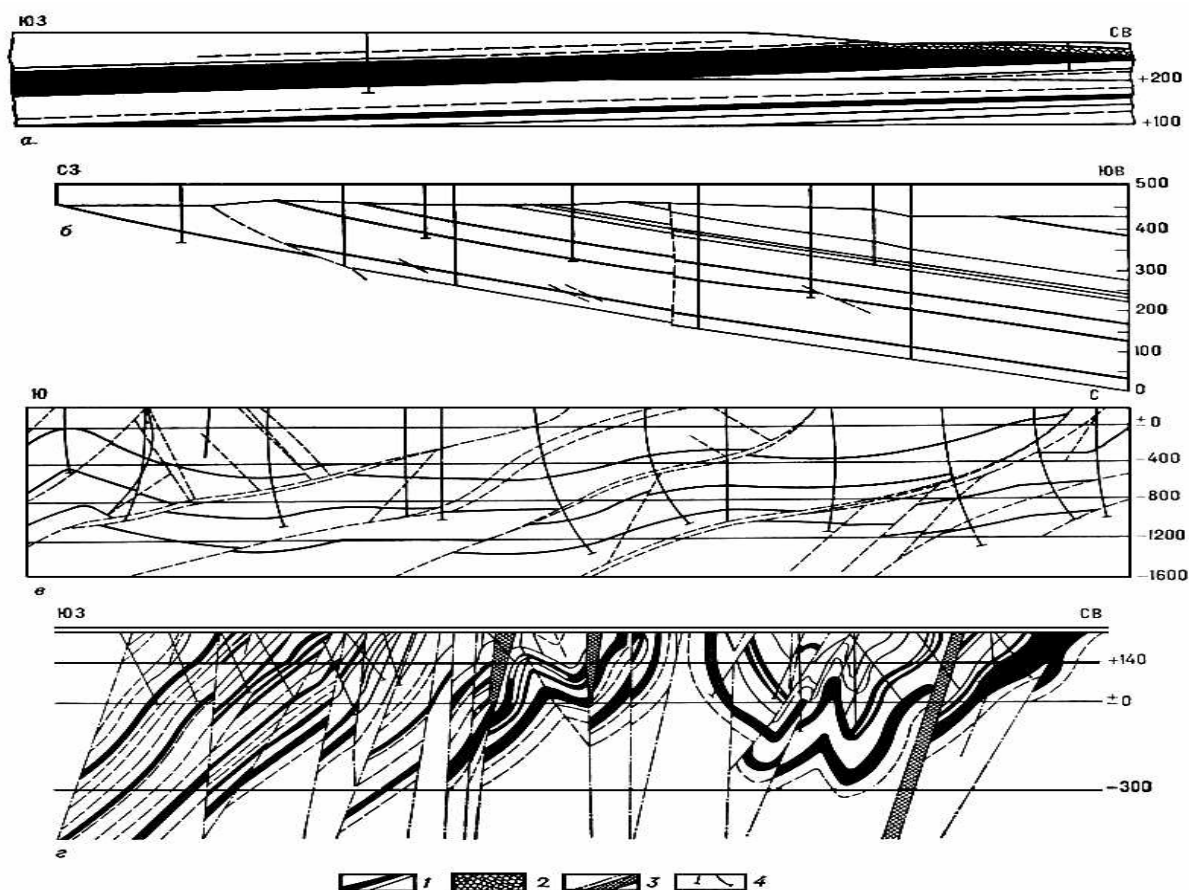
Страна	Запасы	Страна	Запасы
Нефть, млрд. т		Бокситы, млрд. т	
Саудовская Аравия	18,8	Гвинея	1,2
Кувейт	11,2	Австралийский Союз	1,1
Иран	8,9	Ямайка	0,3
США	4,9	Суринам	0,2
Ливия	4		
Ирак	3,9		
Абу-Даби	2,7		
Нигерия	2,0		
Венесуэла	1,9		
Канада	1,4		
Индонезия	1,4		
Природный газ, млрд. т		Медь (металла в руде), млрд. т	
США	7,7	США	69
Иран	5,7	Чили	46
Алжир	4,7	Замбия	26,4
Нидерланды	2,5	Заир	20
Канада	1,6	Перу	20
Саудовская Аравия	1,4	Канада	17,7
Великобритания	1,3	Мексика	11
Кувейт	1,1	Австралийский Союз	6,3
Нигерия	1,1	Филиппины	6
Австралийский Союз	1	Иран	5
		Испания	3,8
		Индия	2,5

Каменный и бурый уголь, млрд. т(достоверные запасы)		Свинец и цинк, млрд. т	
США	215	США	17 и 23
ФРГ	133	Канада	11 и 28
Великобритания	127	Австралийский Союз	9 и 10
Индия	93	Мексика	4,1 и 6
Канада	55	Перу	2,8 и 5,8
Австралийский Союз	53	Испания	3,4 и 5,4
ЮАР	25	ФРГ	2,3 и 2,5
		Швеция	2,3и 2,4
Уран (U ₃ O ₈), млрд. т		Никель (металла в руде), млрд. т	
США	300	Новая Каледония	22,1
Канада	214	Канада	8,8
ЮАР	182	Австралийский Союз	5,2
Австралийский Союз	130	Филиппины	4,1
Намибия	90	Индонезия	3,0
Франция	41	Греция	1,2
Нигер	24		
Габон	18		
Алжир	12		
Железная руда, млрд. т		Олово (металла в руде), млрд. т	
Бразилия	10	Малайзия	600
Канада	8,5	Индонезия	500
Индия	8,5	Боливия	386
Австралийский Союз	7	Бразилия	300
США	5,5	Таиланд	220
Франция	4,5	Австралийский Союз	160
Великобритания	2,7	Нигерия	140
Швеция	2,4	Великобритания	130

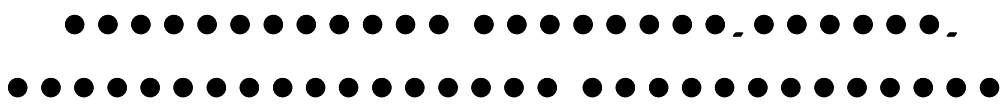
Железная руда, млрд. т		Олово (металла в руде), млрд. т	
Венесуэла	2 1,2	Заир	70
ЮАР		Лаос	60
		Бирма	50

золота, пьезокварца, фосфоритов, флюорита, руд олова, меди и др. цветных металлов. В Польше расположен крупнейший в Европе Силезский бассейн высококачественных каменных углей; выявлены месторождения руд меди, самородной серы, свинца и цинка, поваренной соли, магнезита, гипса. Значительными минеральными ресурсами располагает Румыния, где известны месторождения нефти и газа, а также залежи углей, лигнитов, руд цветных металлов, каменной соли, барита. В Чехословакии разведаны крупные месторождения каменного и бурого углей, лигнитов, магнезита, каолина и графита; известны также месторождения руд сурьмы, олова, вольфрама, флюорита. Югославия располагает большими запасами высококачественных бокситов, по добыче которых страна занимает ведущее место в Европе; выявлены также значительные месторождения руд ртути, сурьмы, свинца, цинка, меди, железа, магнезита, барита, каменной соли, лигнитов. Рост промышленного производства в большинстве стран обуславливает возрастающую потребность в минеральных ресурсах. Мировая горная промышленность ежегодно увеличивает производство на 4—8%. За 1951—70 мировая добыча нефти возросла в 4,5 раза, природного газа более чем в 5 раз, железной руды почти в 3 раза, угля в 1,6 раза, мировое производство цемента в 3,5 раза. За этот период производство цветных металлов в капиталистических и развивающихся странах увеличилось: свинца в 1,6 раза, меди и цинка в 2,2 раза, никеля в 3,9 раза, молибдена в 5 раз, алюминия более чем в 6 раз, магния в 9,6 раза. В 70-х гг. в мире ежегодно добывается около 6,5 млрд. т угля, нефти и газа (пересчёте на условное топливо), а к началу 2-го тыс. по прогнозам потребуется извлечь из недр 20—25 млрд. т топливных минеральных ресурсов. В 1970 было добыто около 400 млн. т железа (металла в руде); к концу 20 в. будет ежегодно извлекаться свыше 1 млрд. т. В отличие от многих природных ресурсов, минеральные богатства земли невозобновимы. Поэтому всё более важной становится проблема наиболее эффективного и комплексного использования минерального сырья, в том числе резкое уменьшение его потерь при добыче и переработке. При разработке комплексных руд необходимо добывать не только основные компоненты. Например, из многих железных руд можно извлекать также кобальт, никель, титан, ванадий, фосфор и др. ценные элементы. Почти все редкоземельные и рассеянные элементы, необходимые в новой технике, не образующие в природе самостоятельных месторождений, могут быть получены лишь при комплексной переработке руд цветных металлов. Важное экономическое значение имеет использование попутного нефтяного горючего газа, а также серы и гелия, содержащихся в природном газе многих месторождений. На доступных

современной технике глубинах вероятность открытия новых месторождений сокращается, поэтому наряду с увеличением глубин, с которых добываются природные ископаемые, в возрастающих объёмах вовлекаются в разработку месторождения с пониженным содержанием природных ископаемых, в том числе с бедными или труднообогатимыми рудами. Начата добыча П. и. в промышленных масштабах в недрах Мирового океана. Кроме месторождений нефти и газа, прогнозные запасы которых весьма значительны, представляют интерес подводные месторождения титана, олова, скопления железомарганцевых конкреций (содержащих никель, кобальт, медь), широко распространённые на дне Тихого и Индийского океанов. Важным резервом минерального сырья являются воды Мирового океана и подземные рассолы. Сведения о важнейших видах минеральных ресурсов и их размещении приведены также в статьях о соответствующих П. и., в статьях об отдельных государствах.



Примеры месторождений с различной сложностью тектоники: а — Итатское, Канско-Ачинский бассейн; б — Саранский участок, Карагандинский бассейн; в — Алмазно-Марьевский район, Донбасс; г — Бачатский район, Кузбасс. 1 — угольные пласты; 2 — зоны выгорания угля; 3 — разрывные нарушения; 4 — скважины.



Питкярантское месторождение расположено на северо-восточном берегу Ладонежского озера в пределах Сортавальского района КАССР. Состоит оно из нескольких мелких месторождений, располагающихся в районе г.Питкяранта в радиусе до 5 км. В самом городе располагается месторождение Старое рудное поле, в 0,7 км на северо-восток – Новое рудное поле или Герберт, в 2,5 км северо-восточнее и восточнее его – месторождения Вин Берг и Хопунвара. На юго-восток от г.Питкяранта, в 5 км к югу располагаются рудные поля Хепоселька и Ристиниеми. Автором было обследовано Старое рудное поле.

Питкярантское месторождение приурочено к Пяткярантской мульде, расположенной на окончании Восточно-Финляндского пояса, сложенного среднепротерозойскими толщами флишеидных сланцев ладожской формации и подстилающими их осадочно-метаморфическими образованиями питкянтской свиты. С востока и юго-востока

Пяткянтская мульда срезается Сал минским массивом гранитов рапакиви, внедрение которого происходило в верхнем протерозое (1620 млн.лет тому назад). Центральная часть мульды состоит из кварцево-плагиоклаз-биотитовых сланцев, насыщенных минералами графитом и пирротинном (до 30%). Глубина синклинали более 700 м, длина – 3,5 км, ширина – 100-300 м. В краевых частях мульды и в глубинных её зонах вдоль границ с гнейсогранитами располагаются скарны и известняки, перемещающиеся с роговообманковыми и актинолитовыми сланцами, слагающими питкярантскую свиту. Продуктивная толща с олово-железо-полиметаллическим оруденением приурочена к скарнированным тремолито-актинолитовым известнякам, пироксеновым и пироксено-гранатовым скарнам, связанным с ладожской серией, и располагается вблизи контакта с гранито-гнейсами.

Краткая характеристика рудовмещающей толщи.

Особенностью рудовмещающей толщи является наличие ряда скарнированных участков в пределах питкянтской свиты ладожской серии среднего протерозоя. Р.А.Хазов выделяет рудоносные и безрудные скарны. В без рудных скарнах, имеющих региональное распространение, присутствуют гиперстен, диоксид, диоксид-геденбергит, амфибол, плагиоклаз и кордиерит. По классификации Д.С.Коржинского (1955) и Н.А.Елисеева (1959) данные породы отвечают контактовым роговикам, но их, как правило, называют скарнами. Рудоносные скарны содержат олово-полиметаллическое и магнетитовое оруденение. Они располагаются среди без рудных скарнов в виде пластовых залежей и жил различных размеров. Рудоносные скарны в отличие от без рудных содержат обычно гранат. В краевых частях Питкярантской мульды выделяют два рудных скарбовых горизонта – нижний и верхний.

В пределах Старого рудного поля нижний скарбовый горизонт прослеживается на расстояние более 2 км. Верхний скарбовый горизонт имеет меньшую

протяженность и содержит более бедные руды. Форма рудных тел неправильная – залежи, жилы, образующиеся в гранатовых скарнах обособленные участки, не совпадающие с формой вмещающих скарнов. Нередко рудные тела выходят за пределы скарнов. По данным В.В.Яковлевой и И.В.Олиной, обогащенные рудные зоны располагаются в виде полос в рудоносной карбонатной толще согласно с её простираем. Зоны приурочены к тектоническим сколам.

Минеральный состав и стадии минералообразования.

Питкянтское месторождение является комплексным. В пределах одного рудного поля здесь проявилось несколько видов минерализации: железорудная, редкометаллическая. Перечень минералов, обнаруженных на месторождении, приводится в таблице-1. На основании наблюдений, на месторождении выделено по структурно-текстурным признакам 4 основных типа руд:

- Массивные,
- Массивно-вкрапленные,
- Прожилково-вкрапленные,
- Вкрапленные.

Процесс гипогенного минералообразования на месторождении протекал в нескольких стадий и был довольно сложным. Отложение руд и изменение вмещающих пород происходило в постмагматический этап в широком температурном интервале. По классификации Д.С.Коржинского (1953), процессы изменения вмещающих пород и рудоотложение захватывали раннещелочную, кислотную (стадию выщелачивания) и позднещелочную стадию. На месторождении выделено три стадии в процессе минералообразования (таблица-2):

- Скарбовая,
- Гнейзенизации,
- Колчеданно-полиметаллическая.

Скарбовая стадия. В скарбовую стадию на месторождениях протекали контактово-реакционные процессы в условиях высоких температур. Данная стадия совпадает с ранней щелочной стадией, по Д.С.Коржинскому. В данную стадию на контакте гранито-гнейсов с карбонатными породами питкянтской свиты происходит контактово-реакционные метасоматические преобразования, приведшие к возникновению скарнов. Изучение скарбовых зон показало, что они являются контактово-инфильтрационными. В образовании скарнов принимали участие также и явления биметасоматоза.

В начале стадии образуются пироксены диоксид-геденбергитового ряда и гранаты гроссуляр-андрадитового ряда. На месторождении наблюдаются эндо- и экзоскарны. Спектральные анализы гранатов эндоскарнов показали присутствие таких элементов, как титан, бериллий, цирконий, в гранатах экзоскарнов эти элементы отсутствуют.

С понижением температуры парагенезисы скарнообразования меняются. Пироксены и гранаты становятся малоустойчивыми и корродируются роговой обманкой и эпидотом. Особенно интенсивно в некоторых участках скарнов развивается эпидот, который в начале дает устойчивую ассоциацию с более

железистым гранатом, но при дальнейшем понижении температуры полностью вытесняет гранат. Местами возникают эпидозитовые скарны.

***Минеральный состав руд Питкярантского месторождения.
Таблица-1***

Относительная распространённость минералов ¹	Рудные		Нерудные ⁴
	гипогенные	гипергенные	
Главные	Магнетит Пирит Халькопирит Сфалерит Молибденит Пирротин	Гидрогётит Лепидокрокит	Гранит Пироксен Актинолит Кальцит Кварц Роговая обманка ³
Второстепенные	Арсенопирит Борнит ³ Касситерит Марказит ² Шеелит ³ Берtrandит ³ Ильменит ²	Халькозин Ковеллин Гидролепидокрокит ³ Малахит Азурит	Эпидот Хлорит Мусковит Флюорит ³
Примеси	Гематит Блеклая руда Золото сам. ³ Висмут сам. ³ Арагонит ³ Гельвин ³	Гидрогематит ² Медь сам.	Турмалин ³ Серпентин ³ Барит Анкерит ³ Апатит ³

Примечания:

1. с учетом промышленной ценности;
2. минералы, впервые обнаруженные;
3. минералы, приводимые по данным других исследователей;
4. приведены минералы, возникшие в пред рудную стадию изменения вмещающих пород и во время рудного процесса.

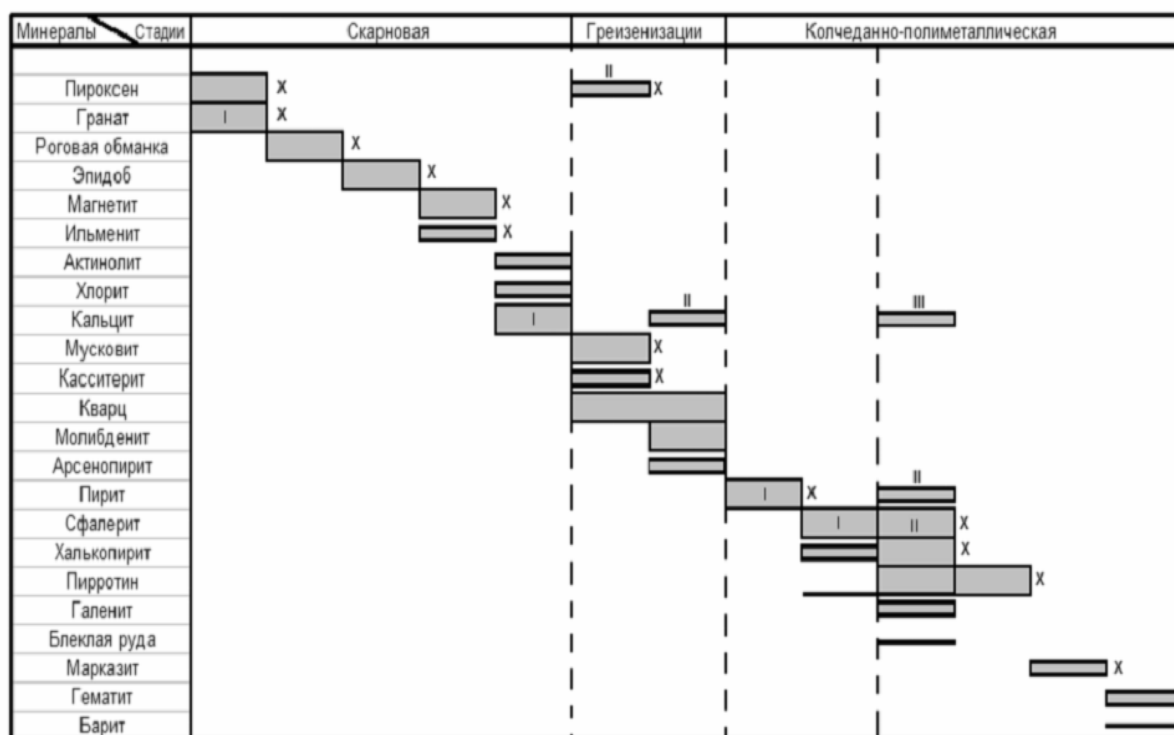
С отложением основных минералов тесно связано на месторождении магнетитовое одурение. Время образования магнетита отчетливо – после образования скарнов. Магнетит отлагается в парагенезисе с ильменитом, причем первый количественно преобладает. Магнетит замещает скарбовые минералы. Магнетит образует сплошные мелкозернистые массивные руды черного цвета в виде гнезд, линз, прожилов. Наблюдаются также массивно-вкрапленные магнетитовые руды с халькопиритом, пиритом, сфалеритом (марматитом). Спектральный анализ магнетита показал повышенное содержание кобальта (0,01%), галлия (0,001-0,003%), серебра (до 0,0015%), кадмия (до 0,25%).

Стадия грейзенизации соответствует кислотной стадии, или приконтактового выщелачивания, по Д.С.Коржинскому. Последний отмечает, что данная стадия начинается в высокотемпературных условиях и протекает в диапазоне средних температур. Грейзенизация происходила вдоль тектонических трещин рудной зоны и сопровождалась образованием кварца, мусковита, маложелезистого граната, касситерита, шеелита. В конце стадии отлагались молибденит, арсенопирит и кальцит. Рядом предыдущих исследователей в скарнах отмечены турмалин, берилл, гельвин и берtrandит. Они, по-видимому, отлагались в данную стадию. Наличие в спектральных анализах линий бериллия и бора говорит о возможном их присутствии в рудной массе.

Колчеданно-полиметаллическая стадия происходит после новых тектонических подвижек, приведших к подробности ранее отложенных минералов, коррозии их и замещении более поздними минералами. Данная стадия совпадает с позднещелочной стадией по Д.С.Коржинскому и происходит в условиях около трещинного низкотемпературного метасоматоза. В данную стадию происходит разложение среднетемпературных минералов – эпидота и актинолита – и становится устойчивой ассоциация кварца и кальцита. По Д. С. Коржинскому это является минералогическим признаком перехода от среднетемпературной к низкотемпературной стадии. В начале стадии образуются пирит, сфалерит, халькопирит и пирротин. Отложение этих минералов дало руды колчеданного типа. Спектральные анализы пирита показали, что последний содержит примеси кобальта (0,01-0,03%) и никеля (0,05%). Стадия завершается образованием марказита, гематита и барита. Характер смены минеральных парагенезисов в колчеданно-полиметаллической стадии говорит о решающей роли режима серы – кислорода в процессе рудоотложения. В начале происходит отложение пирита, сфалерита, незначительных количеств халькопирита и пирротина. Это говорит о высоком парциальном давлении серы и сравнительно низком – кислорода. Образуется магматит – сильно железистый сфалерит, без эмульсионных включений халькопирита. Это свидетельствует о высокой концентрации железа и незначительном содержании меди в рудообразующих растворах. После внутри минерализационной подвижки парциальное давление серы, по-видимому, уменьшается, а кислорода – увеличивается. Увеличивается содержание меди в растворе, с одновременным уменьшением концентрации железа. Происходит отложение маложелезистого сфалерита с эмульсионной вкрапленностью

халькопирита, образуется пирротин – малосернистый сульфид железа. Растворы приобретают более щелочной характер – происходит отложение марказита. Конец колчеданно-полиметаллической стадии характеризуются значительным повышением парциального давления кислорода и резким падением парциального давления серы. Отлагаются гематит и барит, завершающие процессы рудоотложения. Колчеданно-олиметаллическая стадия протекала в условиях относительно повышенных температур – здесь мы наблюдаем структуры распада твердого раствора пары сфалерит-халькопирит, возникающие при температуре 270⁰ (по А.Филимоновой) или при 475⁰ (по Г.Шварццу).

Схема гипогенного минералообразования Пяктинского месторождения.



Примечание:

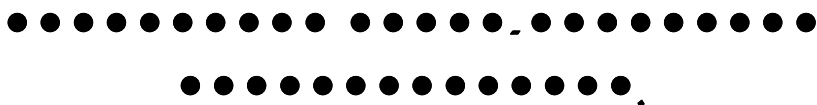
- - - - - дробление;

x – коррозия и замещение последующими минералами;

I, II, III – генерации минералов.

О зоне окисления месторождения.

На месторождении отсутствуют окисленные и смешанные руды. Гипогенные руды слабо затронуты процессами гипергенеза. Перечень гипергенных минералов, обнаруженных на месторождении, приведены в таблице-1. Изучение руд месторождения позволяет сделать вывод о начальной стадии окисления и изменения гипогенных минералов. Гипогенные минералы лишь в значительной степени замещают гипогенные. Даже в верхних горизонтах месторождения и на поверхностных его выходах процессы гипергенного изменения первичных минералов развиты очень слабо. На месторождении полностью отсутствуют вторичные сульфаты.



Вожминское рудопроявление располагается в Сегежском районе КАССР, в пределах так называемого Ветреного пояса, в 60 км от поселка Валдай, располагающегося на берегу Выгозера, являющегося частью Беломорско-Балтийского канала. Ветренный пояс в геологическом плане представляет собой синклиорий, расположенный на юго-восточной окраине Балтийского щита. Он прослеживается от р.Онеги в Архангельской области на северо-запад на расстояние около 200 км до Пулозера.

Синклиорий сложен осадочно-вулканогенными и интрузивными образованиями нижнего и среднего протерозоя, местами, перекрытыми не дислоцированными осадочными породами верхнего протерозоя (рифей). Юго-западная часть синклиория Ветренный пояс сложена нижнепротерозойскими образованиями и представляет собой синклинальную структуру, известную под названием Каменноозерская, где выявлен перспективный никеленосный район, приуроченный к центральной части ее и пространственно совпадающий с зонами субмеридиональных и северо-западного направления глубинных разломов. К этим разломам тяготеют массивы основных и ультраосновных горных пород.

В геологическом строении Каменноозерской синклинали принимают участие следующие образования (от древних к молодым):

- эффузивы диабазового и андезито-диабазового состава, их туфы и магматические интрузии; толща туфогенно-осадочных пород (кварцевые песчаники, тонкозернистые кварциты типа хемогенных, кварц-серицитовые, кварц-альбит-хлоритовые и другие сланцы);
- интрузивные габбро-диабазы, интрузии ультраосновных и основных пород, даек субщелочных андезито-базальтов.

Все перечисленные образования относятся согласно стратиграфической схеме К.О.Кратца к *нижнепротерозойской группе, к сумскому отделу* (за исключением даек субщелочных андезито-базальтов, которые, вероятно, имеют среднепротерозойский возраст).

Рудоносность района.

В районе Вожминского ультраосновного массива наблюдается ряд рудопроявлений. Из рудных полезных ископаемых здесь известны проявления магнетита и сульфидной медно-никелевой, медно-колчеданной и кобальт-медно-колчеданной минерализации.

Магнетит наблюдается почти во всех основных и ультраосновных породах в количестве от 1 до 20% в виде тонкой вкрапленности, мелких гнезд и прожилков. Промышленных скоплений и рудопроявлений магнетита пока не обнаружено. В пределах массива после проверки геофизических аномалий буровыми работами были обнаружены рудные зоны с сульфидной минерализацией. Из них наиболее значительными являются:

- восточное рудопроявление (рудное тело 3 аномалии);

- западное рудопроявление (рудная зона 2 аномалии);
- Кумбуксинское рудопроявление (южная часть массива);
- Северное рудопроявление.

Восточное рудопроявление, изученное нами более детально, располагается в центральной части массива, в его восточном контакте. Рудная зона представлена крутопадающей линзой с меняющимся простираем: от субширотного ВСВ 80-85⁰ до СВ 30-40⁰. Падение рудного тела СЗ под углом 60-70⁰. Оруденение представлено сульфидной медно-никелевой минерализацией и приурочено к сложно дифференцированной дайке (2 фазы) верлит-клинопироксенит-габбрового состава, секущей гипербазиты 1 фазы и вмещающие осадочно-вулканогенные породы. Максимальную мощность (18 м) рудное тело имеет в месте перегиба в центральной части тела. Изменение мощности рудного тела к флангам постепенное. Выклинивание рудного тела по падению наблюдается на глубине 300-350 м.

Руды представлены главным образом тремя текстурно-генетическими типами: Вкрапленными (от бедно вкрапленных до богато вкрапленных); Вкрапленно-прожилковыми и брекчие-видными.

Руды могут быть отнесены к двум генетическим типам:

- Сингенетическому;
- Эпигенетическому.

Сингенетические руды представлены бедной вкрапленностью сульфидов. Рудное тело сложное преимущественно эпигенетическими (переотложенными) рудами, сопровождаемыми сильными катаказом, рассланцеванием пород и сильным рудным метасоматозом. Эпигенетические руды наложены на сингенетические руды, секут их, интенсивно преобразуют их, так что четко выделить эти две категории руд обычно не представляется возможным. Как отмечалось ранее, максимальная мощность рудного тела в центральной части зоны достигает 18 м. Мощность брекчиевидных руд колеблется от 5 см до 80 см. Наблюдаются они в различных разновидностях горных пород сложно дифференцированной дайки. Редко встречаются прослойки сплошных массивных руд до 3-5 см. Перечень минералов, обнаруженных на Восточном рудопроявлении, приводится в таблице. Соотношение рудных минералов в различных типах руд колеблется в широких пределах. Обычно преобладающим минералом является пирротин, составляющий 70-85% от массы рудных минералов, на втором месте, как правило, стоит пентландит 10-15%, затем идет халькопирит 10-15%, остальные сульфиды составляют 5-7%.

Гипогенное минералообразование и парагенезисы минералов.

Процессы минералообразования Восточного рудопроявления протекали в широком температурном интервале: от собственно магматического этапа формирования массива гипербазитов, с которым связано сингенетическое медно-никелевое оруденение до постмагматического этапа образования эпигенетического пентландит-пирротитового оруденения, связанного с гидротермальными процессом.

При исследовании руд Восточного рудопоявления установлено два этапа минералообразования:

- Магматический;
- Гидротермальный.

Гидротермальный этап, являющийся постмагматическим, протекал в три стадии:

- Сульфидно-никелевую;
- Окисно-сульфидную;
- Полиметаллическую.

Изучение руд и вмещающих пород позволило установить определенную последовательность выделения минералов и минеральные парагенезисы. Среди главных минералов выделены их генерации.

Методика анализа парагенетических соотношений минералов в рудах, предложенная Д.С.Коржинским и развитая А.Г.Бетехтиным, позволила с помощью барицентрических диаграмм состав-парагенезис представить ход процесса формирования руд Вожминского рудопоявления.

Магматический этап минералообразования.

В магматический этап минералообразования происходит отложение хромита, магнетита¹, ильменита, шпинели, троилита, пирротина¹ и пентландита¹. В данный этап формируются сингенетические руды, представленные бедной вкрапленностью сульфидов: пирротина¹ и пентландита¹. В пределах рудных тел и во вмещающих породах вкрапленность магнетита¹ генерации. Содержание его нередко составляет несколько %, достигая 20%. Однако, как отмечалось ранее, нигде пока не найдено его крупных скоплений. Магматический этап сопровождался рядом изменений во вмещающих породах, о чем говорилось ранее. В начале магматического этапа минералообразования мы наблюдаем, отложение окислов хромита, магнетита, ильменита, шпинели – все это свидетельствует о высоком парциальном давлении кислорода. Затем увеличивается роль серы – ее парциальное давление возрастает с одновременным уменьшением парциального давления кислорода. Возникают сернистые соединения – троилит, пирротон и пентландит. Высокие температуры, характерные для начала магматического этапа, приводят к образованию магнетита в условиях высокого парциального давления кислорода, а не гематита, т.к. последний при температуре более 800⁰ претерпевает термическую диссоциацию с превращением в магнетит. То же можно сказать о пирите, который при высоких температурах диссоциирует в пирротин. При понижении температуры возрастает концентрация ионов серы (как продукта электролитической диссоциации сероводорода) и создаются благоприятные условия для образования сульфидов, что и происходит в конце магматического этапа. Возрастание парциального давления серы приводит к замещению магнетита пирротинном.

Гидротермальный этап минералообразования.

Гидротермальный этап минералообразования предшествует метаморфизм вмещающих пород и рудных минералов, явления дробления и катаклаза ряда минералов.

Гидротермальный этап протекает в три стадии:

- Сульфидно-никелевую;
- Окисно-сульфидную;
- Полиметаллическую.

Сульфидно-никелевая стадия.

В данную стадию происходит отложение пирротина², антигорита (разновидность серпентина) $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$, пентландита², халькопирита¹ и валлериита $CuFeS_2 \cdot Mg(OH)_2$. В каких условиях протекала сульфидно-никелевая стадия? В связи с понижением температуры металлоносных растворов возрастает парциальное давление серы и уменьшается роль кислорода.

Об этом говорит факт образования сульфидов в данную стадию, а не окислов. А.Г.Берехтин отмечал, что металлы, способные в природных условиях давать как окислы, так и сульфиды в случае низкой концентрации кислорода в гидротермальных растворах, насыщенных сероводородом, выпадают главным образом в виде сульфидов. В нашем случае такими металлами являются железо, никель и медь. Они и дали в эту стадию пирротин, пентландит и халькопирит.

Окисно-сульфидная стадия.

Новая стадия характеризуется отложением виоларита $FeNi_2S_4$ и маккинавита $(Fe, Ni, Co)_{1+x}S$, магнетита², марказита, кальцита и гематита.

Началу стадии предшествовало сильное дробление руды, о чем свидетельствует наблюдения штуфов и микроскопические исследования. Начало стадии характеризуется повышенным парциальным давлением серы. Об этом говорит факт образования сульфидов – виоларита и маккинавита. В частности, в виоларите серы содержится больше, чем в пентландите.

Однако парциальное давление кислорода было достаточно высоким, это подтверждается тем, что за счет пентландита метасоматически развивается виоларит, а не миллерит. Известно, что в виоларите никель трехвалентный, а в миллерите – двухвалентный, т.е. виоларит образуется в более окислительной обстановке по сравнению с миллеритом. Ход дальнейшего процесса минералообразования характеризуется увеличением парциального давления кислорода. Об этом свидетельствует образование магнетита² и кислородного соединения – кальцита.

Конец стадии характеризуется еще более окислительной средой – происходит процесс мартитизации магнетита и отлагается гематит – высший окисел железа.

Полиметаллическая стадия.

Полиметаллическая стадия завершается процесс рудоотложения. В эту стадию происходит отложение пирита, сфалерита, халькопирита², кальцита², хлорита и галенита.

Минеральный состав руд Восточного рудопоявления.

Таблица-1

Относительная распространённость минералов ¹	Рудные		Нерудные ²
	гипогенные	гипергенные	
Главные	Пентландит Халькопирит Пирротин	Гидрогётит	Антигорит Пироксен Серпентин Кальцит Тремолит Хлорит
Второстепенные	Магнетит Гематит Виоларит ³ Марказит Маккиनावит Ильменит		Эпидот Биотит Мусковит Тальк Альбит Кварц Серицит
Примеси	Галенит ³ Троилит ³ Шпинель Золото сам. ⁴ Хромит ³ Валериит Гельвин ³ Пирит Рутил Бравоит Кубанит ⁴ Теллуриды (?) Миллерит ⁴		Циркон Сфен

Примечания:

1. с учетом промышленной ценности;
2. приведены минералы, возникшие в пред рудную стадию изменения вмещающих пород и во время рудоотложения.
3. минералы, впервые обнаруженные;
4. минералы, приводимые по данным других исследователей;

Эта стадия протекала в условиях повышенной концентрации серы и кислорода. Об этом свидетельствуют следующий характер новообразований – в начале

стадии образуются пирит и сфалерит. Известно, что пирит образуется в условиях повышенной концентрации не только серы, но и кислорода.

В середине стадии происходит дальнейшее возрастание парциального давления кислорода – образуется кислородное соединение – кальцит. Конец стадии характеризуется отложением галенита, возникающего также в условиях достаточного парциального давления серы и кислорода.

Схема гипогенного минералообразования Вожминского рудопоявления.

МИНЕРАЛЫ	Э Т А П Ы			
	МАГМАТИЧЕСКИЕ	Г И Д Р О Т Е Р М А Л Ь Н Ы Й		
		С Т А Д И И		
		Сульфидно-никелевая	Окисно-сульфидная	Полиметаллическая
ХРОМИТ	х I			
МАГНЕТИТ	х I			
ИЛЬМЕНИТ	х I			
ШПИНЕЛЬ				
ТРОИЛИТ				
ПИРРОТИН		I	II	
ПЕНТАЛАНДИТ		I	х II	
АНТИГОРИТ		I	х II	
ХАЛЬКОПИРИТ			I	II
ВАЛЛЕРИИТ			х I	
ВИОЛАРИТ				
МАККИНАВИТ				
МАРКАЗИТ				
КАЛЬЦИТ				II
ГЕМАТИТ			I	
ПИРИТ				х
СФАЛЕРИТ				х
ХЛОРИТ				
ГАЛЕНИТ				

Примечание:

- - - - - дробление;

х – коррозия и замещение последующими минералами;

I, II, III – генерации минералов.

Гипергенные минералы и зона окисления Вожминского рудопоявления.

Как показало исследование руд вышеописанных рудопоявлений, зона окисления этих рудопоявлений находится в начальной стадии ее развития. Это объясняется тем, что:

во-первых, все рудопоявления перекрыты мощным чехлом четвертичных отложений (от 10 до 50 м.),

во вторых, Восточная Карелия сравнительно недавно (8-10 тыс.лет назад) была освобождена от последних льдов Карельской фазы оледенения,

в-третьих, климат данного региона также не благоприятен для развития зоны окисления (среднегодовые температуры составляют 0, +3⁰),

в-четвертых, значительное количество осадков и большая влажность приводит к образованию сильно разбавленных и мало реактивных растворов.

Все это обусловило слабое развитие гипергенных изменений гипогенной минерализации. Из гипогенных минералов были обнаружены: гидрогетит (тыс.доли мм), развивающийся в виде прожилков и каемок, борнит и халькозин,

наблюдавшиеся в руде Кумбуксинского рудопрооявления, развивающегося в виде прожилков и нитевидных выделений размером тыс. и сотые доли мм в поперечнике и протяженностью до 1-1,5 мм. Гидрогетит наблюдается в рудах разных рудопрооявлений, но в очень незначительных количествах.

Литература:

- Бондарев В.П. – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии и геохимии ландшафта; Московский ордена Ленина и ордена трудового красного знамени государственный педагогический институт им. Ленина; Особенности металлогении и рудоносность Карелии; г. Москва – 1978 г
- Смирнов В. И., Геология полезных ископаемых, 2 изд., М., 1969;
- Татаринов П. М., Условия образования месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых, 2 изд., М., 1963;
- Курс месторождений неметаллических полезных ископаемых, М., 1969;
- Матвеев А. К., Геология угольных бассейнов и месторождений СССР, М., 1960;
- Еременко Н. А., Геология нефти и газа, 2 изд., М., 1968;
- Линдгрэн В., Минеральные месторождения, пер. с англ., в. 1—3, М., 1934—35;
- Шнейдерхен Г., Рудные месторождения, пер. с нем. под ред. В. И. Смирнова, М., 1958.