**Железо**

Содержание

1. Железо, область определений, свойства 3

2. Промышленные типы месторождений. Рудные месторождения 6

Литература 16

# 1. Железо, область определений, свойства

ЖЕЛЕЗО, Fe (ferrum), химический элемент VIIIB подгруппы периодической системы элементов, металл, член триады железа (Fe, Co, Ni). Железо самородное редко встречается в природе, главным образом в минералах феррит, аваруит и метеоритах (т.н. метеоритное железо, которое содержит более 90% Fe). В соединениях с кислородом и другими элементами широко распространено в составе многих минералов и руд. По распространенности в земной коре (5,00%) это третий (после кремния и алюминия) элемент; считается, что земное ядро состоит в основном из железа. Основные минералы – гематит (красный железняк) Fe2O3; лимонит Fe2O3 H2O (n = 1–4), содержащийся, например, в болотной руде; магнетит (магнитный железняк) Fe3O4 и сидерит FeCO3. Наиболее распространенным минералом железа, не являющимся, однако, источником его получения, является пирит (серный колчедан, железный колчедан) FeS2, который иногда называют за его желтый блеск золотом дураков или кошачьим золотом, хотя он в действительности часто содержит небольшие примеси меди, золота, кобальта и других металлов.

|  |
| --- |
| **СВОЙСТВА ЖЕЛЕЗА** |
| Атомный номер | 26 |
| Атомная масса | 55,847 |
| Изотопы |  |
| Стабильные | 54, 56, 57, 58 |
| Нестабильные | 52, 53, 55, 59 |
| Температура плавления, ° С | 1535 |
| Температура кипения, ° С | 3000 |
| Плотность, г/см3 | 7,87 |
| Твердость (по Моосу) | 4,0–5,0 |
| Содержание в земной коре, % (масс.) | 5,00 |
| Степень окисления |  |
| характерная | +2, +3 |
| прочие значения | +1, +4, +6 |

Железо (элементное) известно и используется с доисторических времен. Первые изделия из железа, вероятно, были изготовлены из метеоритного железа в виде амулетов, драгоценностей и рабочего инструмента. Около 3500 лет назад человек открыл способ восстановления красной земли, содержащей оксид железа, в металл. С тех пор из железа было изготовлено огромное количество различных изделий. Оно сыграло важную роль в развитии материальной культуры человечества.

В наши дни железо в основном (95%) выплавляют из руд в виде чугунов и сталей и в сравнительно небольших количествах получают восстановлением металлизованных окатышей, а чистое железо – термическим разложением его соединений или электролизом солей. Железо – один из самых пригодных к эксплуатации металлов в сплаве с углеродом (сталь, чугун) – высокопрочная основа конструкционных материалов. Как материал, обладающий магнитными свойствами, железо используется для сердечников электромагнитов и якорей электромашин, а также в качестве слоев и пленок на магнитных лентах.

Чистое железо – катализатор в химических процессах, компонент лекарственных средств в медицине. Железо является существенным химическим компонентом организмов многих позвоночных, беспозвоночных и некоторых растений. Оно входит в состав гема (пигмента эритроцитов – красных кровяных клеток) гемоглобина крови, мышечных тканей, костного мозга, печени и селезенки. Каждая молекула гемоглобина содержит 4 атома железа, которые способны создавать обратимую и непрочную связь с кислородом, образуя оксигемоглобин. Кровь, содержащая оксигемоглобин, циркулирует по телу, поставляя кислород к тканям для клеточного дыхания. Поэтому железо необходимо для дыхания и образования красных кровяных клеток. Миоглобин (или мышечный гемоглобин) снабжает кислородом мышцы. Общее количество железа в человеческом теле (средней массы 70 кг) составляет 3–5 г. Из этого количества 65% Fe находится в гемоглобине. От 10 до 20 мг Fe ежедневно требуется для обеспечения нормального метаболизма среднего взрослого. Красное мясо, яйца, желток, морковь, фрукты, любая пшеница и зеленые овощи в основном обеспечивают организм железом при нормальном питании; при анемии, связанной с недостатком железа в организме, принимают лекарственные препараты железа.

# 2. Промышленные типы месторождений. Рудные месторождения

Основные факторы, определяющие промышленную ценность месторождения – масштабы по запасам минерального сырья, концентрация запасов, качество минерального сырья.

Примеры промышленных типов месторождений – железные руды, медь, олово, золото, угли, асбест, слюда, цементное сырье, строительные материалы.

#### Геолого-промышленные типы месторождений руд черных металлов

Железо.

Марганец.

Хром.

Титан.

Ванадий.

#### Геолого-промышленные типы месторождений руд цветных металлов

Алюминий.

Магний.

Никель.

Кобальт.

Медь.

Свинец и цинк.

Олово.

Вольфрам.

Молибден.

Висмут.

Ртуть и сурьма.

#### Геолого-промышленные типы месторождений редких металлов

Литий, цезий и рубидий.

Бериллий.

Ниобий и тантал.

Цирконий и гафний.

Редкометальные элементы и иттрий.

Рассеянные элементы.

Геолого-промышленные типы месторождений руд благородных металлов

Золото.

Серебро.

Платиноиды.

Геолого-промышленные типы месторождений руд радиоактивных металлов

Уран.

Торий.

Оценка различных месторождений на условиях предпринимательского риска базируется при рыночной экономике на главном факторе – прибыльности разработки полезного ископаемого(п.и.). В этом случае правомерно определение руды, по Риккарду: «Руда – это порода, содержащая металл, которую можно с выгодой разрабатывать в данном месте и в данное время» (Крейтер, 1961). В конце XIX в. были выведены первые формулы разведки и добычи (эксплуатации) полезных ископаемых в условиях предпринимательского риска (напр., Хосколдом в 1877 г. (Крейтер, 1961), определявшие прибыль, которую можно получить от эксплуатации месторождения с учетом нормы прибыли возможного риска. По формуле Бринсмейда (1911 г.) (там же), устанавливающей ценность месторождения по прибыли при его разработке, работают во всем мире, ее применяли в СССР, и она остается базовой в своей основе. Среди необходимых предпосылок существует и оценка риска, не только связанного с техническими аспектами (качество, глубина и т.д.), но также с такими, как политическая стабильность и надежность, налоговая система, постановления об окружающей среде и др. Все это входит в перечень, необходимый для снижения риска и уменьшения незащищенности инвесторов(Капю, 2000).

Особое значение имеет разноаспектный анализ районов, где, на первый взгляд, возможно перспективное и быстрое комплексное развитие горнорудной базы сразу по нескольким направлениям. В частности, речь может идти о Медвежьегорском районе Центральной Карелии. Близость к промышленным центрам, приграничное положение, хорошо развитая инфраструктура могли бы гарантированно и беспроблемно решить поставленные задачи. Если учесть, что вся территория Карелии может рассматриваться как единое месторождение на строительные материалы, то ее прикладное значение для России не вызывает сомнения – разведка и разработка месторождений ванадия, благородноплатиновометальных комплексных руд, золота, урана, а также нерудного сырья – шунгитов, строительного камня, песков и др. Однако в основу стратегии развития любого региона должна быть положена концепция экологического риска с учетом экологической цены. Следовательно, прежде чем рассматривать экономику Карелии с позиций преимущественного развития горнорудного дела как, например, Колыму, необходимо провести анализ конъюнктуры всех видов полезных ископаемых на мировом рынке и, в первую очередь, имеющих экологический риск регионального масштаба.

Медвежьегорский район характеризуется весьма сложным геологическим строением, которое до настоящего времени не может приниматься однозначно и требует комплексной оценки и дополнительного изучения. В строении территории принимают участие практически все известные на восточной части Фенноскандии комплексы пород широкого спектра возрастов от 3,5 млрд. лет до 230 млн. лет. Его тектонические особенности свидетельствуют о непрекращающихся движениях разного масштаба и отражают активную жизнь планеты. Условно район делится на три части, где отмечаются индивидуальные специфические геологические особенности: восточный – от границы с Архангельской областью до Беломорско-Балтийского канала (ББК), центральный – от ББК до границы с Кондопожским районом и южный – от г. Медвежьегорска до южной окраины Медвежьегорского района. На территории восточной части располагается южный участок Каменноозерской структуры Сумозерско-Кенозерского верхнеархейского зеленокаменного пояса, где на р. Кумбуксе впервые были обнаружены коматииты (Куликова, Куликов, 1981 и многие другие), а Карельской геологической экспедицией проведено опоискование на медно-никелевые (интрузии Светлая, Лебяжинская, Вожминская и др.), а также тальк-карбонатные (участок «Светлое») руды. В районе оз. Рыбозера в метасоматитах установлен широкий спектр оруденения и минерализации от золота до меди, никеля и других элементов; на границе с Сегежским районом – прогнозируемое месторождение золота «Заломаев ручей» на Южно-Выгозерской площади (на границе Медвежьегорского и Сегежского районов на площади 1.650 кв. км) с запасами около 100 тонн при содержании 2–10 г./т. (Голубев и др., 2000). В Центральной части района известно месторождение серного колчедана (Бергаул), а в районе Мяндосельга-Юстозеро ЗАО «Педролампи» предполагается в 2001 г. добыть 100 кг золота. Онежский прогиб, известный более как Заонежье, существенно отличается своим строением, и до настоящего времени о его происхождении и формировании существует множество версий (часть геосинклинали, мелководная мульда, фрагмент рифта, раннепротерозойская астроблема), представляет собой перспективный рудный район на выявление новых промышленных месторождений комплексных руд от медных (Воронов Бор) до алмазов (Фоймагуба). Особое место занимает здесь широкое развитие шунгитовых пород, рассматриваемых как самостоятельный вид п.и. (Углеродсодержащие…, 1998 и многие другие). На границе Медвежьегорского и Пудожского к юго-востоку от Заонежья располагается Бураковско-Аганозерская расслоенная интрузия с крупными запасами хромитов и платинометалльным оруденением.

Качество водных ресурсов определяется геологическим строением. По данным «Концепции…» (1991), в Заонежье 251 озеро занимают площадь 212 км2, или 8%, озерные звенья – 19%, т.е. около 30% территории Заонежья покрыто водой. Если учесть, что территория омывается водами Онежского озера, то Заонежье следует рассматривать как полуостров, пронизанный водной поверхностью. Водораздел полуострова проходит по траверсу Великая Губа – Великая Нива – Виница. Поскольку зеркало ряда озер находятся ниже зеркала Онежского озера, то водообмен происходит на подземном уровне, и качество вод зависит от состава вмещающих комплексов пород.

По сравнению с водами на территории всей республики только заонежские поверхностные воды имеют высокое качество, нейтральную кислотность, низкую железистость, достаточно низкую цветность и общую высокую минерализацию (40–100 мг/л) (Путкозеро, Вангозеро) с очень высокой в озерах Падмозеро (323 мг/л), Валгозеро, Мягрозеро и др. – >100 мг/л. Поверхностные воды подпитываются подземными, представленных кальциево-магниевыми+хлоридно-гидрокарбонатными с радоновыми составляющими в долине р. Падмы. По своим параметрам они сопоставимы с Приладожскими и относятся к минеральным лечебно-столовым водам. На фоне пресных (минерализация менее 1 г/л) и холодных (3–50С) подземных вод на территории практически всей Карелии Заонежье, наряду с Приладожьем, по качеству железистых и радоновых вод в пределах вышеуказанных тектонических зон, к которым приурочены все выделенные местрождения и рудопроявления уран-ванадиевых руд, соответствует столовым и лечебным водам (Кузаранда – железистые, Великая Губа – «Соляные Ямы», «Три Ивана» – с. Ведехино – селеновые, «Царицын Ключ» – Зажогино и другие – преимущественно радоновые – ?). Следует отметить, что в районе местечка «Сайнаволок» на южной окраине г. Петрозаводска, где ГГП «Невскгеологией» проведены поисковые работы на уран, еще в конце 60‑х годов существовало множество родников и ключей, качество которых должно соответствовать радоновым и селеновым источникам.

Район Заонежья, наряду с восточной половиной Кондопожского района, имеет уникальные почвы, качество которых подчеркивается таким параметром, как геологическое строение, а именно шунгитовые сланцы, доломиты, гидротермально измененные метасоматические породы. Их главные характеристика: а) уникальные дерновые шунгитовые почвы в сочетании с доломитовой составляющей, которая развита на ЮВ побережье Онежского озера в Заонежье на базе выходов коренных доломитов; б) максимальная теплообеспеченность почв, что, хотя и характерно для всей Южной Карелии, однако дополняется еще геологическим строением с современными активными флюидными эманациями; в) высокое присутствие в почвах таких микроэлементов, как медь, марганец, молибден и, особенно, селен (Чаженгина, Перевозчикова, 1985; Чаженгина и др., 1985; Чаженгина, 1998).

Между почвами и коренными образованиями во впадинах развиты ленточные глины, которые образовались в межледниковье всего несколько тысяч лет тому назад, а в озерах – гумус. По мощности эти породы достигают несколько десятков метров, располагаясь в геоактивных и геопатогенных зонах, связанных с уран-ванадиевыми месторождениями.

В шунгитовых породах содержание селена составляет 2,4х10-3%, в почвообразующих породах – 3,4х10-5%, в дерновых литогенных почвах и травянистой растительности – nх10-5%. Высокие кларки концентрации селена – в шунгитовой породе Кк = 480, почвообразующей породе – 72 и низкий коэффициент биологического поглощения (1,3–2,7) свидетельствуют об определенной избирательности накопления растительностью.

История поисков Тамбицкого рудного поля селен-уран-ванадиевых руд урановорудной формации в Заонежье (Карелия) составляет не менее 50 лет. В 1959 г. Северной экспедицией Ленинградского Геологического Управления выявлен ореол радиоактивных валунов «Рудная Горка» в Онежском прогибе, в 1968–1978 гг. Экспедицией №1 «ВИРГа» и Невской экспедицией в Карело-Кольском регионе – около 50 рудопроявлений и около 200 проявлений урана в зонах кремнещелочных метасоматитов. В 1978–1980 гг. партиями №6 и 32 ПГО «Невскгеология» вскрыты коренные источники рудных валунов «Шуньгский Наволок» (рудопроявление Святуха) и «Рудная Горка» (рудопроявление Великая Губа), открыто месторождение комплексных уран-благороднометалльно-ванадиевых руд Космозеро, а в 1985–2006 гг. – Средняя Падма, Весеннее, Верхняя Падма и Царевское, представляющие собой новый («космозерский») формационный тип промышленных месторождений, связанных с альбит-карбонатно-слюдистыми метасоматитами, формирующимися в зонах складчато-разрывиых дислокации в осадочно-вулканогенных образованиях нижнего протерозоя. В 1983–1985 и. на южном склоне Балтийского щита партией №8 выявлены средние по запасам месторождения убогих урановых руд в базальных отложениях венда – Рябиновское и Ратницкое, а в 1989 г. в северо-восточной части Ладожского прогиба в базальном горизонте рифейских песчаников – месторождение Карху, (первое на территории СНГ месторождение урана типа «несогласия» с общими ресурсами 40–50 тыс. т урана) (Кушнаренко и др., 2000; Леденева и др., 2000), к 1992 г. – пять месторождений и более 10 перспективных рудопроявлений, в том числе в зонах: Тамбицкая – месторождения Ср. Падма, В. Падма, Царевское и Весеннее; Святухинско-Космозерская – месторождения Космозерское; Пигмозерская – Шульгиновское. Они контролируются Главной северо-восточной тектонической зоной сжатия, которая непрерывно прослеживается от Петрозаводской губы через Заонежье на Водлозерский блок и далее в район оз. Кожозера (Архангельская область), где также прогнозируются аналогичные заонежским руды (Мельников и др., 1992; Савицкий и др., 1995 и др.). Параллельно ей к ЮВ на расстоянии около 10 км проходит мантийный Бураковский разлом такой же протяженности, но с ним связаны более ранние месторождения хромитовых руд, которые находятся в пределах Бураковско-Аганозерского интрузивного тела. Все месторождения и рудопроявления располагаются на пересечении осевых для проторифта и более поздних СВ трансформных разломов,

По коэффициенту уникальности (Осокин, Алтухов, 1998), район Заонежья следует рассматривать как единое рудное поле, состоящее из более чем десяти месторождений. В состав Тамбицкого поля входят не только проектируемые месторождения Средняя Падма, но также Весеннее, Верхняя Падма и Царевское и др. Выдеsляются Космоозерское, Ковкозерское и Святухинское рудные поля (Металлогения Карелии, 1999). *Совокупное Месторождение Ванадия* может быть отнесено к уникальным – Ку= 4х1016 (т.е. больше, чем nх1011-12), также как и *Совокупное Месторождение Урана* при запасах в 31 тыс. т (Савицкий и др., 2004)*,* уникально по Ку=1х1017. Платиноидно-благороднометалльные рудопроявления прогнозируются на уровне 500 т (Савицкий и др., 1995 и др.). Содержания урана изменяются от бортовых (0.05%), редко ниже, до 1% (месторождение Космозеро) и 2.16% (м-е Светлое к СЗ от оз. Маткозеро, Кумсинская структура).

(Селенид) уран-ванадиевые месторождения и рудопроявления многократно описаны в литературе (Савицкий и др., 2004 и другие) с наиболее полной геологической характеристикой по представлениям авторов (Билибина и др., 1991) и детальным анализом типов руд (Мельников и др., 1992). Состав руд подразделяется на три типа: 1) настуран-хромфенгит-роскоэлитовый, преобладающий на месторождениях Ср. Падма, В. Падма, Шульгиновское, Весеннее; 2) (настуран) – благороднометально – сульфидно-селенидовый, установленное на Царевском месторождении; 3) франсквиллит-тюямунит-карнотитовый, выявленные на Космоозерском месторождении (Мельников и др., 1992), и соответствуют на территории Центральной и Южной Карелии двум классическим типам (Магакьян, 1961; Смирнов, 2002; Шмариович и др., 2006;) урановых руд и рудопроявлений в бедных серой металлогенических провинций Мира: 1‑й – нацело сложенные минералами уранила «слюдковые» – ванадаты, фосфаты, силикаты урана, приуроченные к углеродистым комплексам пород и 2‑й – коффинит-черниевые. Основными полезными компонентами являются U, V, Pd, Au. Уран – типоморфный элемент, поэтому его присутствие отмечается на всех месторождениях. Важнейшие минералы промышленных урановых руд Заонежья развиты в ураноорганических комплексах (оксиантраксолитах-оксикеритах) в Тамбицкой и Пигмозерско-Великогубской зонах, а также по периферии тела габбро-диабазов местечка Сайнаволок в осадках петрозаводской свиты и всегда содержат восстановленные формы урана – коффинит и настуран (урановая смолка – U3O8 с приместью PbO с 45–65% U), а окисленные формы – карнотит и тюямунит – в Святухо-Космозерской зоне. Ассоциация битумов и урановых минералов отмечена повсеместно на заонежских месторождениях (Мельников и др., 1992), но в разных объемах и содержаниях. Смена зон восстановленных и окисленных руд еще более подчеркивает сложность геологического строения этой уникальной территории, смену особенностей рудоносных зон с востока на запад в пределах Заонежья. Восточное побережье Повенецкого залива, а также территория Кондопожского района вплоть до заповедника «Кивач» и на юг до г. Петрозаводска и далее могут оказаться перспективными рудными участками.

Постоянным спутником уран-ванадиевых руд Заонежья является селен – типоморфный летучий компонент, определяющий специфику этих месторождений. Региональный геохимический фон – 3–6х10-4% (Органическое., 2004); в карбонатных отложениях – от 20 до 60х10-4%, а содержание в рудах превышает кларк (5х10-6%) (Эмсли, 1993) на 5 порядков, в рудных телах превышает кларк элемента более чем на 3 порядка, проникая в породообразующие минералы и образуя собственные минералы, но более всего ассоциируется с уран-ванадиевыми слюдками (Шмураева, 1998). Наиболее типоморфные минералы, образуемые селеном на подобных месторождениях (Минералы, 1960; Магакьян, 1961; Смирнов, 2002 и др.) и развитые на заонежских: 1) клаусталит (PbSe) – ассоциируется с медью и ртутью, типоморфный минерал урановых месторождений штата Юта и уран-ванадиевых месторождений плато Калорадо (США); 2) парагуанахуатит (Bi2(Se, S)3) – обычно редкий минерал, характерен для урановых месторождений; 3) клокманит (CuSe) – установлен в урановых месторождениях Канады и др. (Полеховский, Волошин, 1990).

Все месторождения и рудопроявления сопровождаются *радоном* – продуктом распада Ra236, который встречается в урановых рудах. По данным радоновай съемки, схема которой масштаба 1:1000000 опубликована (Александров, Савицкий, 1992), территория Заонежья (до 50% площади), Прионежья (к востоку от долины р. Ивина до побережья Онежского озера по линии Шокша-Шелтозеро), Приладожья, долины р. Чирка-Кемь и другие в «Медико» заражена радоном, что требует дополнительных исследований, т.к. исходными для образования урановых руд являются микроклиновые торий-обогащенные граниты мусковит-редкометалльной специализации с содержанием монацита до 300 г./т (Куликов и др., 2006; Куликова, 1993; 1996 и др.).

# Литература

1. Вольфсон Ф.И., Дружинин А.В. Главнейшие типы рудных месторождений. М., Недра, 2002.
2. Рудные месторождения СССР. Т. 1–3. М., Недра, 1978.
3. Синяков В.И. Геолого-промышленные типы рудных месторождений. С-Пб., Недра, 2004.
4. Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. М., Недра, 2002.
5. Смирнов В.И.и др. Курс рудных месторождений. М., Недра, 2006.
6. Старостин В.И., Игнатов П.А. Геология полезных ископаемых. М., МГУ, 2007.