Железные руды

Железо входит в большем или меньшем количестве в состав всех как изверженных, так и осадочных горных пород, но под названием Ж. руд понимают такие скопления железистых соединений, из которых в больших размерах и с выгодой в экономическом отношении может быть получаемо металлическое железо. Ж. руды встречаются лишь на ограниченных пространствах и только в известных местностях. По химическому составу Ж. руды представляют собой окиси, гидраты окисей и углекислые соли закиси железа, встречаются в природе в виде разнообразных рудных минералов, из которых главнейшие: магнитный железняк или магнетит, железный блеск (см.) и плотная его разновидность красный железняк, бурый железняк (см.), к которому относятся болотные и озерные руды, наконец, шпатоватый железняк в его разновидность сферосидерит (см.). Обыкновенно каждое скопление названных рудных минералов представляет смесь их, иногда весьма тесную, с другими минералами, не содержащими железа, как, например, с глиной, известняком или даже с составными частями кристаллических изверженных пород. Иногда в одном и том же месторождении встречаются некоторые из этих минералов совместно, хотя в большинстве случаев преобладает какой-нибудь один, а другие связаны с ним генетически.

Магнитный железняк — соединение окиси и закиси железа по формуле Fe 2O4, в чистом виде содержит 72,4% металлического железа, хотя чистая, сплошная руда встречается крайне редко, почти всюду к ней примешиваются серный колчедан или руды других металлов: медный колчедан, свинцовый блеск, цинковая обманка, а также составные части пород, сопровождающих магнитный железняк в его месторождениях: полевой шпат, роговая обманка, хлорит и др. Магнитный железняк представляет одну из лучших и наиболее разрабатываемых Ж. руд; встречается пластами, жилами и гнездами в гнейсах и кристаллических сланцах архейской группы, а также образует иногда целые горы в области развития массивных изверженных горных пород. Железный блеск — безводная окись железа Fe 2O3, является в виде руды как агрегат кристаллических зерен минерала того же имени; содержит до 70% металла и образует сплошные пласты и залежи в кристаллических сланцах и гнейсах; одна из лучших Ж. руд по чистоте. Окись железа плотного, шестоватого, чешуйчатого или землистого строения носит название красного железняка и также во многих местностях служит источником добычи железа. Под именем бурых железняков соединяют чрезвычайно различные по строению Ж. руды, в составе которых преобладает водная окись железа

2Fe 2 О 3 +3Н 2 О,

что соответствует 59,89% металлического железа. Чистые бурые железняки всюду в значительном количестве содержат разнообразные примеси, часто вредные, как, например, фосфор, марганец, серу. Месторождения бурого железняка весьма многочисленны, но редко достигают значительных размеров. Как продукты выветривания других железных руд, бурые железняки встречаются в большинстве известных месторождений Ж. руд. К бурым железнякам по химическому составу приближаются болотные и озерные руды, представляющие отчасти химический, отчасти механический осадок водной окиси и кремнекислой закиси железа, песка и глины в виде горошин, лепешек или ноздреватых пористых масс в болотах, озерах и других стоячих водах. Обыкновенно содержат 35-45% железа. Бурые железняки, по удобству добывания и своей легкоплавкости, с самых давних времен служили предметом разработки, но получаемое из них железо обыкновенно невысокого качества. Шпатоватый железняк и его разновидность сферосидерит — по составу углекислая закись железа (49% металлического железа), встречается в виде пластов и залежей в гнейсах, кристаллических сланцах, реже в более новых осадочных образованиях, где весьма часто сопровождается медным колчеданом и свинцовым блеском. Обыкновенно встречается в природе в тесной смеси с глиной, мергелем, углистым веществом, в каком виде они известны под именем глинистых, мергелистых и углистых сферосидеритов. Такие руды встречаются в виде пластов, гнезд или залежей в осадочных породах различного возраста и если не содержат вредных примесей (фосфорнокислая известь, серный колчедан), то представляют ценную руду. Наконец, всюду распространенные бурые охристые глины местами так богаты железом, что могут тоже считаться Ж. рудами и носят в этом случае название глинистых железняков — красных, если железо содержится в них в виде безводной окиси, и бурых, когда рудный минерал имеет состав бурого железняка. Остальные рудные минералы, иногда образующие значительные скопления, как, например, самородное железо и серный колчедан (FeS2), не могут быть названы Ж. рудами, первое — по своему малому распространению, а второй — по затруднительности отделить заключенное в нем железо от серы.

Способ и время происхождения Ж. руд чрезвычайно разнообразны. Одни из рудных минералов, как, например, магнитный железняк и, может быть, отчасти железный блеск, в особенном изобилии залегающие в гнейсах и кристаллических сланцах архейской группы, представляют, по всей вероятности, первичные продукты — результат первоначального отвердевания земной коры. К первичным же минералам, непосредственно выкристаллизовавшимся из расплавленной массы, относится магнитный железняк, зерна и кристаллы которого встречаются во всех без исключения изверженных горных породах от самых древних гранитов до современных базальтовых лав. Как непосредственные продукты первоначальных слоев земной коры — гнейсы и кристаллические сланцы, так и изверженные горные породы, заключающие, помимо рудных, много других минералов, в более или менее значительном количестве содержащих железо, послужили материалом, из которого при дальнейшей химической и механической переработке в природе произошли вторичные скопления Ж. руд, то выполняющих трещины и пустоты в горных породах, то образующих обширные и мощные пласты среди осадочных образований, то неправильные гнезда и залежи метаморфического происхождения, каковы в особенности месторождения бурых железняков и сферосидеритов. Образование таких вторичных месторождений — результат изменения и разрушения более древних пород деятельностью атмосферных агентов, а главным образом деятельностью наземных и подземных вод и водных растворов, — совершалось во все периоды жизни Земли, происходит весьма энергично и в настоящее время, о чем свидетельствуют, например, образующиеся на наших глазах во многих местностях северной и средней России болотные и озерные Ж. руды. Тем не менее большинство Ж. руд залегает среди наиболее древних геологических образований палеозойской и особенно архейской группы, в которых метаморфическая деятельность проявлялась особенно энергично, вследствие особых условий их образования. Многоразличны и формы залегания Ж. руд. Они являются как в осадочных, так и в изверженных породах то в виде жил, вкрапленников, гнезд или штоков, пластов, залежей, поверхностных масс, то даже в виде россыпей и рыхлых механических осадков. По условиям залегания, минеральному составу, а отчасти и происхождению один из наилучших знатоков рудных месторождений (Гроддек) различает следующие главные типы месторождений Ж. руд, повторяющиеся с незначительными различиями на всем земном шаре:

Слоистые месторождения

1) Пласты шпатоватых и глинистых железняков, образующие залежи во всех геологических отложениях, содержащих окаменелости. По минералогическому составу руды этого типа представляют плотный сферосидерит, реже тонкокристаллический шпатоватый железняк, с глиной и углистым веществом. Месторождения этого типа по преимуществу в Богемии, Вестфалии, Саксонии, Силезии, но встречаются также в Англии, Франции и Богемии.

2) Пласты или залежи бурых и красных железняков, часто богатые окаменелостями Ж. руды, состоят из плотного или землистого, чистого или глинистого, известковатого или кремнистого, бурого или красного железняка, очень часто оолитового строения. Месторождения этого типа частью относятся к разряду метаморфических, частью же по слоистому характеру и присутствию окаменелостей причисляются к настоящим осадочным образованьям. Железистые руды этого типа особенно распространены в Северной Америке, Богемии и на Гарце.

3) Залежи шпатоватого железняка в связи с известняками. Шпатоватый железняк кристалличен и содержит иногда в виде примеси сернистые руды: серный и медный колчедан, свинцовый, блеск, кобальтовые и никелевые руды. В наибольшем числе месторождения этого типа встречаются в кристаллических сланцах и пластах силурийской системы Каринтии, Штирии и Восточных Альп.

4) Железно-слюдковые сланцы — кристаллические сланцы, содержащие железную слюдку (разновидность железного блеска) и другие железные руды, встречаются среди кристаллических сланцев архейской группы Южной Каролины и Бразилии, под именем итабирита — зернистая плотная порода, состоящая из железного блеска, магнитного железняка, железной слюдки и зерен кварца. Пласты итабирита, вместе с катавбиритом, представляющим смесь талька с магнитным железняком, образуют часто сплошные рудные массы и содержат в виде примеси золото и алмазы.

5) Залежи сплошного магнитного железняка (франклинита), железного блеска и плотного красного железняка в кристаллических сланцах. Ж. руды находятся в смеси с полевым шпатом, гранатом, роговой обманкой, авгитом и другими минералами; весьма часто содержат значительную примесь медного колчедана. Сюда относится громадная залежь железного блеска на острове Эльба, между тальковыми сланцами и известняками архейской группы, разрабатываемая уже в течение нескольких столетий; залежи железного блеска, переходящего в плотный красный железняк, в слюдяных сланцах Сьерры-Морены в Испании, также некоторые месторождения Буковины, Силезии и Саксонии. В Швеции, Норвегии и Финляндии громадные штокообразные залежи магнитного железняка среди гнейсов пользуются особым распространением, таковы, например, знаменитые месторождения Даннеморы и Гелливары в Швеции и Арендальские залежи Норвегии. В гнейсах и кристаллических сланцах Северной Америки месторождения этого типа достигают исполинских размеров в окрестностях Верхнего озера, где красные железняки образуют целые горы, как, например, железная гора Смита, Мичигамми и др. массивные месторождения.

6) Включения магнитного железняка, часто титанистого, очень нередко встречаются в массивных горных породах, а местами образуют настолько значительные скопления, что приобретают техническое значение, например в Таберге в Швеции и особенно у нас на Урале — знаменитые месторождения гор Высокой, Магнитной и Благодати.

7) Включения железного блеска в массивных породах — единственным примером служит Айрон Монтен в Северной Америке, где коренная порода, порфировидный мелафир, пересечена мощными прожилками железного блеска.

Выполнения пустот.

8) Красный железняк в виде красной стеклянной головы, плотного красного железняка и железной сметаны, в смеси с кварцем, углекислыми и другими соединениями, в жилах, пересекающих массивные горные породы или залегающих на границе последних с осадочными образованиями, встречается очень часто в диабазах Гарца, на границе гранитов и порфиров с кристаллическими сланцами в Саксонии и в др. местностях.

9) Бурый и красный железняки, большей частью смешанные с кварцем и известковым или тяжелым шпатом, проходящие жилами в осадочных породах различных геологических систем, часто встречаются в силурийских, девонских, триасовых и юрских отложениях Германии.

10) Шпатоватый железняк в сплошном виде или в смеси с кварцем и известковым шпатом встречается довольно редко, и классическим примером месторождений этого типа может служить месторождение Штальберг, среди девонских образований Рейнского кряжа, где в глинистых сланцах разрабатывается жильный штоп шпатоватого железняка от 16 до 3 0 м толщиной.

11) Жилы магнитного железняка и железного блеска в кристаллических сланцах Рио-Альбано и Терра-Нера.

12) Бурые железняки, содержащие часто марганец, встречаются часто как выполнения пустот или псевдоморфные образования по известняку; кроме Германии, чрезвычайно распространены и у нас в средней России.

13) Бобовые руды — скопления шаровидного глинистого железняка, как предполагают, осадки минеральных источников, попадаются кое-где в юрских отложениях Западной Европы. У нас им отчасти соответствуют весьма распространенные современные образования на дне болот и озер, известные под именем болотных и озерных Ж. руд.

Обломочные месторождения.

14) Бурые железняки в виде сплошных или внутри полых обломков и конкреций в глинах и рухляках встречаются часто в пластах новейших геологических систем, но по своим размерам редко имеют техническое значение.

15) Брекчии или конгломераты магнитного или красного железняка с сыпучим глинистым или плотным железистым цементом встречаются иногда в ближайшем соседстве с месторождениями других типов, как продукт механического их разрушения. В Бразилии, в провинции Минас Гераес, над итабиритом и кристаллическими сланцами часто находят особое поверхностное образование, толщиной от 1 до 4 м, называемое тапанхоаканга и состоящее из крупных угловатых обломков магнитного железняка, итабирита, железного блеска и бурого железняка, вместе с обломками кварцита, итаколумита и других пород, связанных цементом, в состав которого входят красный и бурый железняк, красная и бурая железная охра.

16) Наконец, известны и рыхлые россыпи Ж. руды, наичаще титанистого магнитного железняка, на побережьях многих рек, озер и морей, но они редко достигают значительных размеров и не представляют особого значения для промышленности.

В Европейской России Ж. руды значительно распространены на Урале, в центральной и южной России, в Олонецкой губернии, Финляндии и Привислянских губерниях. Значительные месторождения Ж. руд известны также на Алтае, в Саянах и Восточной Сибири, но до сих пор остаются еще неисследованными. На Урале, на восточном склоне хребта, многочисленные месторождения магнитного железняка, из которых до сих пор разрабатываются лишь немногие, находятся в связи с развитыми здесь ортоклазовыми породами (сиенитами и порфирами). Месторождения гор Благодати, Высокой и Магнитной (Ула-Утасе-Тау), по громадному запасу руд занимающие выдающееся место на всем земном шаре. Гора Благодать (см.), наиболее северное из названных месторождений, находится в среднем Урале, около Кушвинского завода. К югу от предыдущей, около Нижне-Тагильского завода, находится другая Ж. гора Урала — Высокая. Главная залежь магнитного железняка, в виде гигантского штока, находится на западном склоне горы среди разрушенных в буроватые глины ортоклазовых пород. Месторождение работается около 150 лет открытым разносом. Руда, вообще весьма высокого качества, состоит из магнитного железняка, часто переходящего в скрытно-кристаллический железный блеск (мартит), дает 63-69% металлического железа, но местами содержит вредную примесь медных руд. Не менее значительные запасы руд заключает наиболее южная Магнитная гора на Урале (в Верхнеуральском уезде), имеющая тот же характер, как вышеописанные; до сих пор это месторождение, находящееся в безлесной местности, мало разрабатывается. Красный железняк встречается на Урале только небольшими массами, подчиненными залежам бурого железняка. В последнее время открыто, по-видимому, значительное месторождение этой руды на западном склоне Северного Урала, недалеко от Кутимского завода, около которого находится также недавно открытое наилучшее на Урале месторождение железного блеска в кристаллических сланцах. Напротив, месторождений бурых железняков, иногда крайне значительных, насчитывается на Урале до 3000, принадлежащих к самым разнообразным типам и залегающих пластами, гнездами, залежами как в массивных, так и в слоистых породах, от самых древних до самых новых. В южной России наиболее значительны месторождения Ж. руд в окрестностях Кривого Рога, на границе Екатеринославской и Херсонской губерний, где многочисленные пласты красного железняка и железного блеска залегают среди кристаллических сланцев, и месторождение Корсак-Могилы, в котором между кварцитами и гнейсами открыты мощные залежи магнитного железняка. В Донецком кряже, по соседству с месторождениями каменного угля находятся многочисленные пластовые залежи бурых железняков, переходящих иногда в шпатоватые, среди осадочных пород каменноугольной системы. По разведкам в одной области Войска Донского, на глубине не более 60 м заключается до 23 миллиардов пудов Ж. руды, которые могут дать до 10 миллиардов пудов чугуна. В центральной России — подмосковном бассейне — Ж. руды, по преимуществу бурые железняки и глинистые сферосидериты, известны давно и во многих местностях и служат предметом энергичной эксплуатации. Все руды тесно связаны с известняками, доломитами и рухляками девонской, каменноугольной и пермской систем и образуют различных размеров гнезда и пластообразные залежи, образовавшиеся гидрохимическим путем — действием железосодержащих растворов на известковые породы. Первичной рудой должны считаться сферосидериты, из которых путем выветривания произошли бурые железняки. На севере России и в Финляндии известны многочисленные жилы и залежи магнитного железняка и железного блеска среди массивных пород и кристаллических сланцев архейской группы, в Финляндии служащие предметом эксплуатации. Что касается Олонецкой и Новгородской губерний, то здесь предметом разработки служат исключительно болотные и озерные руды, хотя и содержащие много вредных примесей, но по удобству добычи и обработки представляющие немалое экономическое значение. Запасы озерных руд настолько значительны, что на заводах Олонецкого округа в 1891 г. добыча этих руд достигла 535000 пудов, из которых выплавлено 189500 пудов чугуна. Наконец, в Привислянском крае, в южных его частях, имеются многочисленные месторождения бурых железняков и сферосидеритов

Месторождения Ж. р. по происхождению разделяются на 3 группы — магматогенные, экзогенные и метаморфогенные. Среди магматогенных различаются: магматические — дайкообразные, неправильные и пластообразные залежи титаномагнетитов, связанные с габбро-пироксенитовыми породами (Кусинское и Качканарское месторождения на Урале в СССР, местооождения Бушвельдского комплекса в ЮАР, Лиганга в Танзании), и апатито-магнетитовые залежи, связанные с сиенитами и сиенитдиоритами (Лебяжинское на Урале в СССР, Кируна и Елливарс в Швеции); контактово-метасоматические, или скарновые, возникают на контактах или вблизи интрузивных массивов; под воздействием высокотемпературных растворов вмещающие карбонатные и др. породы превращаются в скарны, а также пироксен-альбитовые и скаполитовые породы, в которых обособляются сложные по форме залежи сплошных и вкрапленных магнетитовых руд (в СССР — Соколовское, Сарбайское в Северо-Западном Казахстане, Магнитогорское, Высокогорское и др. на Урале, ряд месторождений в Горной Шории; Айрон-Спрингс в США и др.); гидротермальные образуются при участии горячих минерализованных растворов, путём отложения Ж. р. по трещинам и зонам смятия, а также при метасоматическом замещении боковых пород; к этому типу относятся Коршуновское и Рудногорское магномагнетитовые месторождения Восточной Сибири, гидрогётит-сидеритовое Абаильское в Средней Азии, сидеритовые месторождения Бильбао в Испании и др.

К экзогенным месторождениям относятся: осадочные — химические и механические осадки морских и озерных бассейнов, реже в долинах и дельтах рек, возникающие при местном обогащении вод бассейна соединениями железа и при сносе в них железистых продуктов прилегающей суши; слагают пласты или линзы среди осадочных, иногда — вулканогенно-осадочных пород; к этому типу относятся месторождения бурых железняков, частью сидеритов, силикатных руд (в СССР — Керченское в Крыму, Аятское — Казахская ССР; в ФРГ — Лан-Диль и др.); месторождения коры выветривания образуются в результате выветривания горных пород с железосодержащими породообразующими минералами; различают остаточные, или элювиальные, месторождения, когда продукты выветривания, обогащенные железом (вследствие выноса из породы др. составных частей), остаются на месте (тела богатых гематито-мартитовых руд Кривого Рога, Курской магнитной аномалии, района оз. Верхнего в США и др.), и инфильтрационные (цементационные), когда железо вынесено из выветривающихся пород и переотложено в нижележащих горизонтах (Алапаевское месторождение на Урале и др.).

Метаморфогенные (метаморфизованные) месторождения — преобразованные в условиях высоких давлений и температур ранее существовавшие, преимущественно осадочные, месторождения. Гидроокислы железа и сидериты переходят при этом обычно в гематит и магнетит. Метаморфические процессы иногда дополняются гидротермально-метасоматическим образованием магнетитовых руд. К этому типу относятся месторождения железистых кварцитов Кривого Рога, Курской магнитной аномалии, месторождения Кольского полуострова, железорудной провинции Хамерсли (Австралия), полуострова Лабрадор (Канада), штат Минас-Жерайс (Бразилия), штат Майсур (Индия) и пр.

Основные промышленные типы Ж. р. классифицируются по преобладающему рудному минералу. Бурые железняки. Рудные минералы представлены гидроокислами железа, больше всего гидрогетитом. Такие руды обычны в осадочных месторождениях и месторождениях коры выветривания. Сложение плотное или рыхлое; осадочные руды часто имеют оолитовую текстуру. Содержание Fe колеблется от 55 до 30% и менее. Обычно требуют обогащения. Т. н. самоплавкие бурые железняки, в которых



близко к единице, идут в плавку при содержании Fe до 30% (Лотарингия). В бурых железняках некоторых месторождений находится до 1—1,5% и более Mn (Бильбао в Испании, Бакальское в СССР). Важное значение имеют комплексные хромо-никелевые бурые железняки; при наличии 32—48% Fe в них нередко содержится также до 1% Ni, до 2% Cr, сотые доли процента Со, иногда V. Из таких руд могут без добавок выплавляться хромо-никелевые чугуны и низколегированная сталь. Красные железняк и, или гематитовые руды. Основным рудным минералом является гематит. Представлены главным образом в коре выветривания (зона окисления) железистых кварцитов и скарновых магнетитовых руд. Такие руды часто называют мартитовыми (мартит — псевдоморфозы гематита по магнетиту). Среднее содержание Fe от 51 до 60%, иногда выше, с незначительными примесями S и Р. Известны месторождения гематитовых руд с присутствием в них до 15—18% Mn. Менее развиты гидротермальные месторождения гематитовых руд. Магнитные железняки, или магнетитовые руды. Рудный минерал — магнетит (иногда магнезиальный), нередко мартитизированный. Наиболее характерны для месторождений контактово-метасоматического типа, связанных с известковыми и магнезиальными скарнами. Наряду с богатыми массивными рудами (50—60% Fe) распространены вкрапленные руды, содержащие менее 50% Fe. Известны месторождения руд с присутствием ценных примесей, в частности Со, Mn. Вредные примеси — сульфидная сера, Р, иногда Zn, As. Особую разновидность магнетитовых руд представляют титаномагнетитовые руды, являющиеся комплексными железо-титано-ванадиевыми. Важное промышленное значение приобретают вкрапленные титаномагнетитовые руды, являющиеся по существу основными интрузивными породами с повышенным содержанием породообразующего титаномагнетита. В них обычно присутствует 16—18% Fe, но они легко обогащаются магнитной сепарацией (Качканарское месторождение на Урале и др.). Сидеритовые руды (шпатовые железняки) разделяются на кристаллические сидеритовые руды и глинистые шпатовые железняки. Среднее содержание Fe 30—35%. После обжига, в результате удаления CO2, сидеритовые руды превращаются в промышленные ценные тонкопористые железо-окисные (обычно содержат до 1—2% Mn, иногда до 10%). В зоне окисления сидеритовые руды превращаются в бурые железняки. Силикатные железные руды. Рудными минералами в них являются железистые хлориты, обычно сопровождающиеся гидроокислами железа, иногда сидеритом (Fe 25—40%). Примесь S незначительна, Р до 0,9—1%. Силикатные руды слагают пласты и линзы в рыхлых осадочных породах. Часто обладают оолитовой текстурой. В коре выветривания превращаются в бурые, частью красные железняки. Железистые кварциты (джеспилиты, железистые роговики) — бедные и средние (12—36% Fe) докембрийские метаморфизованные Ж. р., сложенные тонкими чередующимися кварцевыми, магнетитовыми, гематитовыми, магнетит-гематитовыми прослоями, местами с примесью силикатов и карбонатов. В железистых кварцитах мало примесей S, Р. Залежи железистых кварцитов обычно обладают крупными запасами металла. Их обогащение, в особенности магнетитовых разностей, даёт вполне рентабельный концентрат с содержанием 62—68% Fe. В коре выветривания кварц из железистых кварцитов выносится, и возникают крупные залежи богатых гематито-мартитовых руд.

Большая часть Ж. р. используется для выплавки чугунов, сталей, а также ферросплавов. В относительно небольших количествах служат природными красками (охры) и утяжелителями буровых глинистых растворов. Требования промышленности к качеству и свойствам Ж. р. разнообразны. Так, для выплавки некоторых литейных чугунов применяются Ж. р. с большой примесью Р (до 0,3—0,4%). Для плавки мартеновских чугунов (главного продукта доменного производства), при плавке на коксе содержание S в руде, вводимой в домну, не должно превышать 0,15%. Для производства чугунов, идущих в мартеновский передел кислым способом, Ж. р. должны быть особо малосернистыми и малофосфористыми; для передела основным способом в качающихся мартенах допускается несколько более повышенная примесь в руде Р, но не выше 1,0—1,5% (в зависимости от содержания Fe). Томасовские чугуны плавятся из фосфористых Ж. р. с повышенным количеством Fe. При выплавке чугунов любого типа содержание Zn в Ж. р. не должно превышать 0,05%. Руда, используемая в домне без предварительного спекания, должна быть механически достаточно прочной. Т. н. мартеновские руды, вводимые в шихту, должны быть кусковыми и иметь высокое содержание Fe при отсутствии примесей S и Р. Обычно таким требованиям удовлетворяют плотные богатые мартитовые руды. Магнетитовые руды с содержанием до 0,3—0,5% Cu используются для получения сталей с повышенной устойчивостью против коррозии.

В мировой добыче и переработке Ж. р. различных промышленных типов отчётливо проявляется тенденция значительного увеличения добычи бедных, но хорошо обогащающихся руд, в особенности магнетитовых железистых кварцитов, в меньшей мере вкрапленных титано-магнетитовых руд. Рентабельность использования таких руд достигается крупными масштабами горно-обогатительных предприятий, совершенствованием техники обогащения и окускования получаемых концентратов, в частности получения т. н. окатышей. Вместе с тем сохраняет актуальность задачи увеличения ресурсов Ж. р., не требующих обогащения