

Раздел 2

ГЕОЛОГИЯ

Section 2

GEOLOGY

УДК 553.31. 38.51.31

## АЛТАЙСКИЙ ЖЕЛЕЗОРУДНЫЙ РАЙОН НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

В.Н. Коржнев

*Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукишина, г. Бийск  
E-mail: viktorkorzhev@mail.ru*

*В статье представлены данные о железных рудах в Алтайском крае, в том числе месторождений Холзунского, Белорецкого, Инского магнетитовых, месторождения Харловского титаномагнетитового. Ресурсы железной руды оцениваются в 2,5 млрд. тонн, а прогнозные запасы более 1,1 млрд. тонн. Рассмотрены закономерности распределения оруденения и перспективы развития района.*

*Ключевые слова:* комплексные магнетит-германиевые-апатит-редкометалльные руды, комплексные титаномагнетит-ильменит-ванадиевые и глиноземные руды, магнетитовые руды.

Алтайский железорудный район расположен на территории южной части Алтайского края, западной части Республики Алтай и граничащих с ними районов Восточно-Казахстанской области. Это территория Горного Алтая, включающая Коргонской прогиб, ограниченная с запада Северо-Восточной зоной смятия, по которой он граничит с Рудным Алтаем. Алтайский железорудный район протянулся в северо-западном субмеридиональном направлении более, чем на 600 км, при средней ширине от 10 до 50 км. Он объединяет многочисленные сближенные месторождения и проявления гематитовых, гематит-магнетитовых, магнетитовых железных руд. Здесь же найдены мелкие месторождения и проявления марганца. Юго-западная часть Алтайского железорудного района находится на территории Казахстана (в статье не рассматривается).

Первые сведения о наличии магнетитовых руд в Алтайском железорудном районе получены в 1774 г. в связи с открытием Белорецкого месторождения. В 1951-1955 гг. в результате поисковых работ открыты такие месторождения магнетитовых руд, как Холзунское, Инское, Тимофеевское, а также титаномагнетитовых руд – Харловское. В настоящее время подготовлены к освоению наиболее крупные месторождения: Белорецкое, Инское, Холзунское, Харловское. Большое значение в изучении Алтайского железорудного района имели работы ученых СНИИГиМС: А.С. Калугина, Т.С. Калугиной, И.А. Калугина, Э.Г. Касандрова, В.И. Иванова, Л.И. Шабалин и др. Поисковые работы на железо и марганец в Алтайском железорудном районе проводились геологами и геофизиками ЗСГУ под руководством В.В. Бессоненко, Е.Н. Володиной, А.В. Груздевой, Э.Ф. Запорожского, Я.Р. Зильберман, С.С. Зимина, В.М. Минеева,

В.Н. Коржнева, Б.Н. Лапина, И.П. Пивень, А.Н. Прохоровой, Ю.В. Робертуса, С.А. Романовича, П.С. Ускова и др. Геологоразведочные работы на Белорецком, Инском, Холзунском и Харловском месторождениях проводились под руководством Э.К. Веселовой, З.А. Глущенко, А.И. Гришко, А.В. Груздевой, С.М. Глебова, А.Я. Доронина, Е.И. Евдокимова, П.В. Ершова, Г.В. Ишенковой, А.В. Зябкина, А.С. Калугина, А.М. Комарова, Е.Н. Кочанова, Б.Н. Лузгина, А.А. Месянинова, Л.М. Половниковой, К.Г. Сакович, Н.И. Сафронова, М.И. Селеверстовой, Е.Н. Трибунского, М.А. Устрайх, Л.И. Шабалина и др.

В настоящее время освоение Алтайского железорудного района требует большого вложения денег. Его инвестиционная привлекательность высока, т.к. в последние годы установлено, что Холзунское месторождение представлено комплексными магнетит-германий-апатит-редкоземельными рудами, а Харловское – титаномагнетит-ильменит-ванадиевыми и глиноземными.

Статья подготовлена на основании личных наблюдений и анализа опубликованной литературы. В ней подводятся итоги изучения промышленно значимых месторождений Алтайского железорудного района, определены закономерности размещения оруденения и предложены варианты освоения месторождений.

#### *Результаты исследования и их обсуждение*

Проблемы обеспечения железными рудами Кузнецкого и Западно-Сибирского металлургических комбинатов, скорее всего, обострятся в ближайшей перспективе. К 2040 г. практически все рудники, обеспечивающие эти комбинаты, кроме Таштагольского, исчерпают свои запасы [1]. В связи с этим будут разрабатываться подготовленные к отработке Инское, Белорецкое и Холзунское магнетитовые месторождения. Подсчитанные запасы превышают 1,1 млрд. т (табл. 1), прогнозные ресур-

сы железных руд на Российской территории – более 2,5 млрд. т. [2-3]. Одновременно будет отрабатываться Харловское месторождение титаномагнетитовых руд.

*Белорецкое месторождение магнетитовых руд* расположено в Змеиногорском районе Алтайского края: в 150 км от ст. Поспелиха железнодорожной магистрали Рубцовск-Новокузнецк и в 45 км от г. Змеиногорска. От Западносибирского металлургического завода (ЗСМЗ) оно отстоит на 650 км. Абсолютные отметки рельефа 650-940 м. Месторождение приурочено к Белорецко-Крохалихинской зоне магнитных аномалий общей длиной 13 км при ширине 1-3 км, с напряжениями – от 5000 до 60 000 гамм. Расположено месторождение в пределах Северо-Восточной зоны смятия среди метаморфизованной вулканогенно-осадочной толщи, отнесенной по находкам фауны в ее верхах к нижнему девону и подстилаемой известково-песчано-сланцевой толщей верхнего силура. Породы осложнены складчатостью и продольными дизъюнктивами, дроблением, рассланцовкой и будинажем, залеченными при контактовом метаморфизме.

Рудовмещающая толща прорвана и метаморфизована Тигирекской интрузией гранитов верхнепалеозойского возраста, отстоящей с поверхности на 0,8-1,0 км от рудных тел, падающих в сторону массива под углом 50°, при неясном направлении и углах падения поверхности контакта гранитов. Рудовмещающая девонская толща подразделяется на четыре пачки (снизу вверх): карбонатную подрудную мощностью – до 400 м, рудную – 140 м, карбонатную надрудную – до 340 м и песчаниковую – 270 м. Карбонатные пачки сложены мраморизованными известняками с прослоями метаморфических сланцев кварц-биотит-полевошпат-амфиболового состава, иногда с хлоритом, эпидотом, турмалином, пирротинном. Песчаниковая пачка сложена ороговикованными пес-

чаниками и сланцами кварц-биотит-полевошпатового состава с маломощными амфиболитами. В рудной пачке при бортовом содержании железа 25 % были выделены два параллельных выдержанных по залеганию и мощностям пластообразных рудных тела с размерами по простиранию 1440 и 1400 м, по падению без выклинка – 843 и 783 м при средних мощностях 28 и 22 м и рудных площадях – 57 и 39 тыс. м. По условным новым кондициям – при бортовом содержании железа 18 %, минимальной мощности рудного тела и максимальной безрудных прослоев 5 м – контуры этих тел на большем протяжении составляют единую залежь с мощностью в центральной части на горизонтах 70-210 м до 140 м Рудная пачка залегает согласно с вмещающими породами, в северо-западной части рудного поля – почти в середине карбонатного разреза, а в юго-восточной – на переходе карбонатных пород к вулканогенно-осадочным, с падением под углом 50-60° на северо-восток. Кроме магнетитовых руд в состав пачки входят мраморы, иногда с вкрапленностью магнетита, скарны, прослой метаморфических кварц-биотит-амфиболовых сланцев с хлоритом, магнетитом, эпидотом и др. Руды месторождения полосчатые, вкрапленные, сплошные и брекчиевые. Преобладают магнетит-мушкетовитовые разности. Главные сопутствующие минералы: кальцит, актинолит, салит и ферросалит, андрадит, эпидот-клиноцоизит, биотит, кварц, полевые шпаты, также редкие – хлорит, серпентин, скаполит, оливин, шпинель, клиногумит, турмалин, анкерит, пирротин, пирит, халькопирит, арсенопирит, сфалерит. Магнетит представлен пластинчатым мушкетовитом и зернистым магнетитом нескольких генераций. Месторождение считается вулканогенно-осадочным, претерпевшим региональный и контактовый метаморфизм, либо контактово-метасоматическим, связанным с гипотетической интрузией габб-

ро-диоритов [4]. Запасы разведанных и прогнозных магнетитовых руд Белорецкого месторождения (табл. 1) позволяют относить его к крупным [2-3]. Перспективы увеличения запасов связываются со смежными участками – Баталихинским и Пономаревским. При обогащении руд с содержанием железа валового 23-30 % сухой и мокрой магнитной сепарацией после измельчения до 0,2 и 0,1 мм получены концентраты с содержанием железа 58-61 % при выходе 33-47 % и извлечении 72-82 %. Содержание серы и фосфора в концентрате – 0,12 и 0,006-0,009 %, пустая порода – известково-кремнистая. Проектируется отработка месторождения карьером и затем шахтным способом. Рудные площади составляют до 100 тыс. м<sup>2</sup>, годовая добыча может достигать 5-6 млн. т и со смежными участками – до 12 млн. т [4].

*Инское месторождение магнетитовых руд* расположено в Чарышском районе Алтайского края в северо-западной части Горного Алтая в 164 км на юго-восток от ст. Пospelиха на железнодорожной магистрали Рубцовск-Новокузнецк и в 75 км от г. Змеиногорска. Расстояние до ЗСМЗ – возможного потребителя руды – 650 км. Абсолютные отметки рельефа – 660-1200 м. Вмещающей месторождение является складчатая вулканогенно-осадочная толща эмского яруса нижнего девона. Железоносные девонские отложения подстилаются карбонатными породами силурийского возраста. Обе толщи, а также руды прорваны гранитами Тигирекского массива и диоритами, а также габбро-диоритами его краевой фации. Выделяются небольшие массивы девонских субвулканических кварцевых порфиров, плагиопорфиров, фельзитов и дайки диабазовых порфиров. Вдоль контакта с гранитами карбонатные породы силура мраморизованы и часто превращены в скарны, а вулканогенно-осадочные породы девона преобразованы в кварц-плагиоклазовые, биотитовые и другие роговики и скар-

ны, породы типа лептитов и лептитовых гнейсов. Подрудные пачки железоносной коргонской свиты сложены кварц-альбитовыми с олигоклазом, калишпатом, редким биотитом и цирконом, породами с гранобластовой, бластопорфировой и микропегматитовой структурами. Судя по реликтам, первично подрудный комплекс состоял преимущественно из кислщелочных туфов, туфопесчаников, альбитофиров, диабазов и габбро-диабазов. Последние рассматриваются некоторыми геологами в качестве рудоносной интрузии. Мощность подрудных пачек несколько сотен метров. В надрудной пачке преобладают кварцевые и бескварцевые альбитофиры, их туфы, туфогенно-осадочные породы, содержащие в верхней части карбонатные прослои с фауной эмского возраста, пласты средних и основных эффузивов. Вероятная мощность пачки составляет 500-1000 м, она сложена кислыми туфами и туффитами с линзами липарит-андезитовых туфов и горизонтом оруденелых известковистых туффитов и туфоалевролитов, к которому приурочены магнетитовые руды. Выходы слабометаморфизованных пород рудной пачки наблюдаются в 5 км восточнее месторождения в верховьях ключа Пасечного. Здесь они состоят из обогащенных дисперсным магнетитом известковистых алевролитов, песчаников, туфопесчаников и туфов с содержанием железа порядка 10-16 % при мощности горизонта 100-200 м. В рудной пачке в рудах и скарнах отмечаются редкие линзы и прослои крупнозернистого мрамора. В основании рудной пачки местами залегают скарны и роговики, но чаще руды лежат непосредственно на «плагитогранитах», четко отделяясь от вмещающих пород. Мощность рудной пачки достигает 200 м, в среднем же она равна 50-60 м. Руды сплошные и полосчатые, реже вкрапленные: пятнистые, брекчиевидные или прожилковые. Среди главных минералов установлены: геденбергит-диопсид,

паргасит и обыкновенная роговая обманка, биотит, эпидот, клинохлор и пеннин, альбит, гроссуляр-андрадит, гастингсит, тремолит, антофиллит, кварц, карбонаты, сфен, турмалин, скаполит, хондродит, шпинель. Присутствуют пирит, пирротин, редкие – халькопирит, сфалерит. Среди руд преобладают амфибол-пироксен-магнетитовые разности, реже встречаются руды с гранатом, пироксеном и сульфидами. Главная масса магнетита мелкозернистая, с торцовой гранобластовой структурой, с реликтами более ранних генераций тонкозернистого, порфиробластического и неясного по форме магнетита. Рудная пачка, или рудно-скарновая зона, лежит согласно с напластованием и пликративными дислокациями надрудной пачки при углах падения на крыльях до 50-60°, местами до отвесных и с опрокидыванием на северо-запад, с общим склонением на юго-запад под углом 15-20°. Рудная зона разделена двумя поперечными нарушениями на Юго-западный, Центральный и Северо-восточный участки. Отмечаются также продольные нарушения. Главные массы руды сосредоточены на глубинах до 200-300 м. На юго-запад рудная зона обрезана пострудными гранитами, но допускается, что ее блоки могут быть и в глубине интрузивного массива. Вероятно, продолжение рудной зоны на северо-запад и северо-восток. Длина зоны с промышленным оруденением 4,7 км при ширине до 100-400 м. Внутри нее в поперечных сечениях наблюдается от 1 до 4 рудных тел, образующих складки, местами нарушенные разрывами. Размеры главных рудных тел 180, 800, 800 и 1000 м в длину и 150, 370, 370 и 640 м по падению при средних мощностях 8, 40, 33 и 32 м и рудной площади в сумме до 110 тыс. м<sup>2</sup>. В целом структура месторождения определяется литологией и складчатостью вмещающей толщи, ореолом гранитизации и пострудными нарушениями. Предполагается, что ме-

сторождение образовалось либо контакто-метасоматическим путем в парагенетической связи с гранитами или габбро-диабазами, либо является метаморфизованным вулканогенно-осадочным, либо же возникло как метаморфогенное на переднем фронте гранитизации. Рудные тела выделены при бортовом содержании железа 25 % для балансовых и 20 % для забалансовых руд, при ми-

нимальной мощности рудных тел и максимальной безрудных прослоев, включаемых в подсчет запасов – 2 м. Запасы руд отражены в таблице 1. Руды со средним содержанием Fe – 45,2 %, S – 0,55 и P – 0,06 %. На Юго-западном участке может быть выделен блок доменной руды с запасами 19 млн. т с содержанием Fe – 57,7 %, S – 0,02 и P – 0,04 %.

Таблица 1

Месторождения Алтайского железорудного района на территории России [2-3, 5-7]

Месторождения	Индекс возраста вмещающих пород	Мощность, протяженность рудной зоны	Среднее содержание Fe <sub>вал.</sub> в рудах, %	Разведанные запасы в млн. т. руды	Прогнозные запасы руды
Холзунское магнетит-германий-апатит-редкоземельное	D <sub>1</sub>	100-400 м х 8 км	28,9	магнетитовых руд А, Б, С <sub>1</sub> – 407,644 млн. т	до глубины 1,1 км – 1,1 млрд. т магнетитовой руды, апатита – 0,7 млн. т
Белорецкое магнетитовое	S-D <sub>1</sub>	70-210 м х 13 км	31,1 (мах – до 45,2-57,3)	С <sub>2</sub> – 272,5 млн. т магнетитовых руд А, Б, С <sub>1</sub> – 299,5 млн. т С <sub>2</sub> – 43,3 млн. т (до глубины 800 м)	до глубины 1,2 км со смежными участками 500 млн. т
Инское магнетитовое	S-D <sub>1</sub>	100-400 м х 4,7 км	45,2 (мах – до 57,7)	А, Б, С <sub>1</sub> – 163,1 млн. т С <sub>2</sub> – 9,1 млн. т	до глубины 1 км – 250 млн. т
Тимофеевское магнетитовое	D <sub>1</sub>	200-300 м х 2,5 км	45,8 (мах – 57-63)	бурением не изучалось	до глубины 500 м – 50-100 млн. т
Коргонское магнетит-гематитовое	D <sub>1</sub>	50 м	28,2	–	38,5 млн. т
Кузнецовское маргитовое	S-D <sub>1</sub>	50 м	60,59	–	10 млн. т
Чесноковское магнетит-пирротинное	S-D <sub>1</sub>	–	–	–	20 млн. т
Рубежное магнетитовое	S-D <sub>1</sub>	–	43,3	–	1 млн. т
Коксинское II гематитовых руд	D <sub>1</sub>	–	50,49	–	65 млн. т (до глубины 300 м)
Верхне-Кедровское гематитовых, реже магнетитовых руд	D <sub>1</sub>	рудные тела до 17 м	25	–	20 млн. т
Калгутинское гематитовых руд	D <sub>1</sub>	41-48 м	15-34	–	300 млн. т (до глубины 200 м)
Харловское титаномагнетит-ильменит-ванадиевых и глиноземных руд	D	20 км <sup>2</sup> (массив габбро 4х5 км)	Fe <sub>вал.</sub> – 18,5 TiO <sub>2</sub> – 5,9 V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – 0,1-0,3 ильменит – 8-10 глинозем в плагиоклазе – 32	С <sub>1</sub> +С <sub>2</sub> до глубины 300-550 м – 1,7 млрд. т титаномагнетитовых руд	3-4 млрд. т

Исследования обогатимости руд проводились на 11 пробах весом от 250 до 5000 кг. При сухой магнитной сепарации из руды, раздробленной до 25-10 и 10-0 мм, выделяется промпродукт с содержанием железа 50-53 %, при дроблении которого до 0,1 мм и мокрой магнитной сепарации получается концентрат с содержанием Fe – 67-69 % и извлечением его 90 %, S – 0,22 и P – 0,01 % [4]. В процессе проведенных тематических исследований в районе Инского месторождения было установлено в габбро-норитовой интрузии, пересекающей магнетитовые рудные тела в районе 19-39 профилей, наличие повышенной вкрапленности минерала гематита, который может стать источником титанового сырья в случае установления экономической эффективности его добычи попутно с железными рудами [5]. Инское месторождение по запасам и прогнозным ресурсам отнесено к средним. Имеется проект рудника с комбинированной открытой и подземной разработкой с годовой производительностью от 4 до 6 млн. т руды [4].

*Холзунское месторождение магнетит-германиевых и апатит-редкоземельных руд* соответствует крупнейшей в Западной Сибири магнитной аномалии протяженностью 9 км при ширине несколько сотен метров. Оно расположено в Горном Алтае на границе Республики Алтай (Усть-Коксинский район) и Восточно-Казахстанской области, на ступенчатом слабо всхолмленном водоразделе, в верховьях рек Хайдун и Таловый Тургусун. В 50 км к западу и в 60 км к югу расположены железнодорожные станции Лениногорск и Зырянск. Участок месторождения находится выше границы леса, его абсолютные отметки – 1700-2000 м. Высота близко расположенных горных вершин превышает 2500 м. По долине р. Таловый Тургусун наблюдается резкое снижение высоты. По р. Хайдун рельеф более пологий, что позволяет подъезжать к месторождению на везде-

ходном транспорте. Холзунский железорудный район находится в Северо-Восточной зоне смятия, разделяющей каледонские и герцинские структуры Горного и Рудного Алтая. Рудовмещающими являются неоднородно метаморфизованные осадочно-вулканогенные отложения эмского яруса нижнего девона. Подрудные отложения представлены кератофирами, трахитовыми порфирами, трахилипаритовыми фельзиг-порфирами, трахиандезитовыми порфиритами и кварцевыми порфирами, их туфолавами и туфами, изредка туффитами, с пачками и линзами карбонатных и карбонатно-туфогенных пород. Вулканы нередко обогащены вкрапленным гематитом (рудные кератофиры и порфириты), встречаются жильно-метасоматические кремнисто-гематитовые отложения, прослой кварцево-гематитовых руд. Обломки оруденелых пород и слоистых руд этого типа имеются в туфоконгломератах той же толщи. В породах подрудной пачки развита псевдоморфная калишпатизация, серицитизация, окварцевание реже альбитизация, в зонах трещиноватости – жилы калишпата, кварца, эпидота и роговой обманки, изредка – граната с пироксеном, гематитом, магнетитом и апатитом. Рудоносный горизонт, расположенный в зоне разлома, имеет крутое, возможно, опрокинутое падение на северо-восток, он дислоцирован с образованием сжатых складок с почти отвесно падающими шарнирами, нередко совмещается с зонами расланцевания. По парагенезисам альбита, актинолита, биотита, эпидота, магнетита и апатита метаморфизм рудовмещающих пород отвечает фации зеленых сланцев. Температуры кристаллизации главных метаморфических минералов по данным гомогенизации включений – 400-500°C. Это обуславливает появление в редких случаях роговой обманки, пироксена, граната. Среди перекристаллизованных пород и руд изредка наблюдаются реликты сло-

истости, обломочных и порфировых структур. В составе руд наиболее тесно связаны с магнетитом (по распространности): биотит, альбит, актинолит, хлорит, кальцит, кварц, апатит и эпидот. Как примесь отмечаются: пирит, цеолиты, флогопит, вермикулит, ортит, сфен, пироксен, роговая обманка, гранат, гематит, халькопирит, а также минералы, более характерные для межрудных пород – серицит, доломит, анкерит, калиевый полевой шпат, турмалин, барит, циркон и т.д. Выделяются два промышленных типа руд: магнетитовые и апатит-магнетитовые, оба с альбит-гидросиликатно-кремнистой пустой породой. Руды линзовидно-полосчатые и плейчатые, сланцеватые или массивные, реже – жильно-метасоматические – вкрапленные, обычно тонкозернистые (0,05 мм). Крупнозернистые линзы и жилы повсеместно распространены в тонкозернистых разностях, наибольшее их количество (до 30 % мощности руд) наблюдается на Тургусунском участке, где они имеют мощность до нескольких метров. Рудная пачка состоит из сближенных рудных тел пласто- и линзообразной формы. Тела залегают согласно со смятыми в складки вмещающими метаморфизованными туфогенно-осадочными породами [4].

По магнитным аномалиям, буровым скважинам и горным выработкам с небольшими перерывами рудная пачка прослеживается в северо-западном направлении на расстоянии 8 км при ширине 100-400 м. В этих границах с севера на юг выделяются участки: еще не разведанный Северный, а также разведанные Перевальный и Тургусунский. Около трети месторождения находится на территории Казахстана. Наша попытка изучить Северный участок с поверхности не увенчалась успехом. Канавы, заданные на вскрытие магнитных аномалий, проходившиеся до глубин 3-4 м, сели на моренные отложения и пльвуны.

Рудная пачка занимает определенное стратиграфическое положение и

прослежена в районе почти на 25 км. По вертикали руды прослежены буровыми скважинами без выклинка на 1300 м. Известково-кремнистые магнетитовые руды Холзунского месторождения сменяются по простиранию гематитовыми типа железистых кварцитов (Кульду, Коксинское). В последних установлены признаки отложения рудного вещества в виде осадка. Метаморфический этап обусловил преобразование первичных руд в сланцевато-полосчатые гидросиликатно-магнетитовые руды. Предполагается, что он проявился во время приразломного рассланцевания и синхронного щелочного метасоматоза. Не исключается также контактово-метасоматическое воздействие девонских субвулканических и пермских гипабиссальных интрузий. Часть рудного вещества переотложена в виде крупнозернистой генерации магнетита, слагающей согласные и секущие тела в рудной пачке. По генезису месторождение относится к типу метаморфогенных, к классу реометаморфических [4].

При бортовом содержании железа 20 % в рудах присутствует в среднем  $Fe_{вал}$  – 25-30 %, S – до 2 % и  $P_2O_5$  – 0,5-0,8 %. Пустая порода кремнистая низкомагнезиальная. При уменьшении доли кремнезема и одновременно глинозема в рудах возрастает количество извести. Средний химический состав руд и концентратов (%): Fe – 30,09-66,84;  $SiO_2$  – 34,85-3,87;  $TiO_2$ , – 0,48-0,4;  $Al_2O_3$  – 7,0-0,93;  $Fe_2O_3$  – 27,09-63,6; FeO – 14,85-28,87; MgO – 4,91-0,73; MnO – 0,29-0,2; CaO – 3,62- 0,33;  $K_2O$  – 1,44;  $Na_2O$  – 2,49; S – 0,21-0,06;  $P_2O_5$  – 0,71-0,06; n.n.n. – 1,93-0,14. При сухой и мокрой магнитной сепарацией после измельчения до 0,2-0,1 мм получены концентраты с содержанием железа 59-67 % при извлечении его 66-91 % и выходе концентрата 37-49 %. Флотацией из хвостов магнитной сепарации выделены апатитовые концентраты с содержанием пятиокси фосфора 9,0-27,9 % при извлечении 53,03-86,20 % и выходе 2,08-7,4 %. [4].

Из элементов-примесей в магнетитах наибольшее значение имеет германий, содержания которого в магнетитах Холзунского месторождения варьирует от 0,2 до 25 г/т, или в среднем – 5,5. Следует заметить, что германий легко сорбируется органическим веществом, обладает халькофильными свойствами и редко образует самостоятельные минералы (ВК). Такие повышенные содержания германия в рудах характерны для типичных осадочных и метаморфизованных осадочных месторождений [6].

Апатитовые руды характеризуются очень высокими концентрациями редкоземельных элементов. В них появляются такие минералы, как ортит, монацит, цериевый эпидот. Так в ортите содержится (г/т): Y – 7562; La – 63224; Ce – 53626; Pr – 152; Nd – 778; Sm – 126; Eu – 101; Gd – 185; Tb – 28,5; Dy – 278; Ho – 18,2; Er – 55,3; Tm – 11,2; Yb – 43,1; Lu – 10,6; LaSmN – 306; LaYbN – 969; EuEu\* – 0,148. Апатиты 1-й и 2-й генераций содержат (г/т): Y – 362,8 -5910; La – 552,9-3100; Ce – 976,3-7277; Pr – 99,6-127; Nd – 359,9-575; Sm – 61,1-82,3; Eu – 10,5-77; Gd – 62,97-156; Tb – 8,53-17,4; Dy – 49,7-197; Ho – 10,9-12; Er – 30,5-35; Tm – 4,21-6,9; Yb – 24,1-37; Lu – 3,73-6,2; LaSmN – 5,2-30; LaYbN – 14,3-53; EuEu\* – 0,037-0,15. Микроскопические данные свидетельствуют, что максимальные концентрации РЗЭ в общей последовательности минералообразования характерны для самых ранних эпизодов становления руд, где и формировались фторапатит, минералы редких земель, магнетит, пирит, ранние генерации спекулярита. При этом замечено, что эта ассоциация приурочена к самому нижнему стратиграфическому уровню оруденения в пределах Холзунского рудного поля. В верхних горизонтах появляются минералы полиметаллической ассоциации – пирит-сфалерит-галенитовые. Они же локализуются на латеральных выклинках рудоносных горизонтов. Безапатитовые руды намного беднее суммой редкоземельных элемен-

тов. Высокие содержания в апатит-магнетитовых рудах редкоземельных элементов повышают перспективы Холзунского месторождения как комплексного сырья [6].

Рудные тела оконтуриваются при бортовом содержании валового железа 20 %, при минимальной мощности руд 2 м и максимальной – безрудных прослоев до 5 м. Суммарные мощности рудных тел по разведочным линиям 55-130 м при длине по простиранию до 0,5-1 км. Подсчитанные запасы и прогнозные ресурсы (табл. 1) позволяют относить месторождение к весьма крупным. Суммарные прогнозные ресурсы железной руды Холзуно-Коксинского района до глубины 1 км (на 60-километровом отрезке рудной зоны) оцениваются в 1450 млн. т [3]. По геофизическим данным руды на Холзунском месторождении распространяются до глубины не менее 1500-2000 м. Рудная площадь месторождения составляет до 250 тыс. м<sup>2</sup>, что позволяет ежегодно добывать до 15 т руды. Попутно извлекается до 0,70 млн. т апатитового концентрата из хвостов магнитной сепарации. Прогнозные ресурсы редкоземельных элементов и германия не подсчитывались, но судя по содержаниям, они представляют практический интерес. Отработка Холзунского месторождения предусматривается с поверхности карьерным, а ниже – подземным способом. Водопритоки в шахтные стволы составят: на горизонте 1700 м – 55-60 м<sup>3</sup>/час, на горизонте 1000 м – 1700 м<sup>3</sup>/час. [4].

*Харловское месторождение титаномагнетитового, ванадиевого, ильменитового и глиноземного сырья* расположено в Краснощековском районе Алтайского края в обжитой степной предгорной части Алтая, в 85 км на юго-востоке от ст. Пospelиха, в 570 км от ЗСМЗ. Район богат песком, глиной, гравием, гранитом. Отметки рельефа – 200-300 м. Месторождение разведано двумя перекрестными профилями скважин и канав. Пробурено 23 скважины общей



длиной 4590 м. Проанализировано 770 бороздовых и 2939 керновых проб. Исследовано 12 технологических проб руды [4]. Месторождение представляет лополитообразный массив существенно габбрового состава площадью 4x5 км<sup>2</sup>, с псевдослоистостью, с падением ее к центру массива под углом 45-60°. Массив состоит из чередующихся рудных меланократовых и безрудных лейкократовых габбро, габбро-норитов, норитов и анортозитов с мощностью полос до десятков метров. Рудные слои, по данным магнитной съемки, оконтуриваются изолиниями 3500-4500 гамм [4].

Содержание TiO<sub>2</sub> в харловских рудах составляет в среднем около 7,0 %, т.е. это обычные средние по качеству титановые руды. Железо в них содержится в количестве 15,0-23,0 (в среднем Fe<sub>общ</sub> около 18,5 %). Таким образом, по содержанию железа и особенно титана руды Харловского месторождения богаче руд эксплуатируемого Качканарского месторождения. Руда состоит из титаномагнетита (23-31 %), ильменита (5-10 %), оливина (1,6-31,5 %), пироксена (18,0-25,1 %), плагиоклаза (14,0-48,1%) и кальцита (до 0,9 %). Изредка встречаются серпентин, гранат, биотит, хлорит, апатит, амфибол и эпидот. Величина выделений магнетита от 0,05 до 0,2 мм, ильменита – до 0,5 мм. Руды имеют сидеронитовую, реже порфиroidную структуру и вкрапленно-полосчатую текстуру [4]. Разведанные и прогнозные ресурсы руд даны в таблице 1.

На месторождении выделено более 10 рудных залежей протяженностью 425-2650 м по падению 1000 м и мощностью 16-140 м. К рудам отнесены габбро со средним содержанием железа не менее 14 % (15-20 %) при бортовом содержании его 12 %, TiO<sub>2</sub> – 0,5-2 %, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,1-0,3 %. Минимальная мощность рудных тел принята в 8 м, максимальная мощность безрудных прослоев 2-4 м. Концентраты титанистого магнетита, полученные мокрой магнитной сепарацией, содержат: TiO<sub>2</sub> – 3-4 %, Fe –

50-60 %, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,3-0,4 %. Извлечение железа в концентрат 65 % при выходе в 15-20 % [6]. Исследования в лаборатории СМИ показали, что для получения удовлетворительного малотитанистого доменного сырья титаномагнетитовые концентраты месторождения могут быть использованы в смеси с магнетитовыми концентратами Инского и Бело-рецкого месторождений. Возможно получение ильменитового концентрата. Отмечается повышенное содержание пентаоксида ванадия. Площадь массива обеспечивает добычу руды карьером [4].

На основании проведенных на Харловском месторождении поисково-разведочных и технологических работ оно отнесено к разряду среднетитанистых собственно титаномагнетитовых руд с незначительным количеством свободного ильменита, т.е. близким к типу качканарских руд, только с еще более высокотитанистым титаномагнетитом и с содержанием свободного ильменита в количестве 1,5-5,2 % [4]. Эти данные позднее уточнены. Установлено, что во всем месторождении в рудах свободный ильменит имеется в количестве 5-10 % в виде зерен размером до 1-3 мм, которые при обогащении могут извлекаться в отдельный концентрат. Средневзвешенный весовой выход свободного ильменита равен 9 %, а в рудах нижних горизонтов – еще выше. К нижним горизонтам руды постепенно переходят от железо-титановых к существенно титановым. Выделен тип руд с высокотитанистым (10-12 % TiO<sub>2</sub>) титаномагнетитовым концентратом, составляющим только четыре верхних сравнительно маломощных рудных горизонта с запасами не более 10-15 % от общих ресурсов руд, и тип руд со среднетитанистым (5-8 % TiO<sub>2</sub>) титаномагнетитовым концентратом, который представляет всю остальную часть руд, т.е. более 85 % их общих ресурсов – около 3 млрд. т. В первом типе руд количество свободного ильменита составляет 5-7 %, а во втором – 9-10 %. По относительному коли-

честву ильменита от суммы ильменита и титаномагнетита в рудах, а также по соотношению железа и титана в рудах Харловское месторождение попадает в группу таких известных титаномагнетитовых месторождений, как Кручининское, Гремяха-Вырмес, Большой Сэйим, Еletzозерское, Медведевское, Гаюмское в России, а также разрабатываемого сейчас в США месторождения Сэнфорд Лейк и Панжихуа в Китае. Следует обратить внимание, что почти все исследованные технологические пробы отобраны из первого типа руд верхних горизонтов расслоенного массива и опробованием почти не охвачен второй тип руд. По результатам химического анализа отобранных концентратов титаномагнетита, а также анализа технологических проб установлено, что в нем содержание пентоксида ванадия несколько выше (в ряде случаев на 50 %), чем в качканарских концентратах, что делает их более привлекательными для металлургической промышленности. Плагноклаз, входящий в состав титаномагнетитовых руд по всему разрезу месторождения относится к составу битовнита с содержанием 74-84 % анортитовой составляющей с содержанием около 32 % глинозема, т.е. на 4 % выше, чем в наиболее высококачественных небокситовых нефелиновых рудах – уртитах Кия-Шалтырского месторождения, используемых на Ачинском глиноземном комбинате в качестве алюминиевого сырья [5].

#### *Закономерности размещения оруденения*

Девонское время на территории Горного Алтая позиционируется как обстановка субдукционной окраины континента и связывается с заложением Рудно-Алтайской островодужной системы, существовавшей в эмсе-раннем карбоне [8]. По петрохимическим характеристикам вулканогенных пород Коргонского прогиба реконструированы коллизионные обстановки. Вулканогенная толща по петрохимическим осо-

бенностям делится на две части. Нижняя часть сложена островодужными толщами и известково-щелочными андезит-базальтами (кумирская и ергольская свиты). Предполагается, что эффузивы основного и среднего состава являются выплавками мантийного субстрата [9]. Залегающий стратиграфически выше окраинно-континентальный дацит-риолитовый и риолитовый комплекс (коргонская свита) характеризуется высокими содержаниями Fe, Mg, Co, S, что позволяет предполагать его формирование с участием мантийного вещества [9-10]. Эти особенности девонского магматизма определяют формирование вулканогенно-осадочных железорудных месторождений, титаномагнетитовых руд, а также бедного марганцевого оруденения и слабой полиметаллической минерализации.

В эмских вулканогенно-осадочных толщах формируются гидротермально-осадочные месторождения гематитовых железных руд (Калгутинское месторождение) и в различной степени метаморфизованных гематит-магнетитовых руд (Коргонское и Холзунское месторождения). С последующими гранитными интрузиями девонского и позднепалеозойского возраста связаны железорудные месторождения магнетитовой скарновой формации (Инское и Белорецкое месторождения).

В Холзуно-Коксинском железорудном районе установлено три марганцевоносных горизонта. Два из них стратиграфически ниже железорудного горизонта, третий пространственно с ним совмещен. Наиболее интересные проявления – Прозрачное, Ночная Коксу, Коксинское I, Кулду, Северо-Холзунское [11]. С окраинно-континентальным дацит-риолитовым и риолитовым комплексом (коргонской свитой) связано формирование первичных руд Инского и Коксинского III магнетитовых месторождений и гематитовых руд Калгутинского месторождения. Формирование гематитовых руд шло в прибрежной

зоне, а главным источником их вещества, очевидно, была суша и фумарольно-сульфатарные источники [12].

Установлено, что железомарганцевое оруденение контролируется основными глубинными разломами: Инским, Коргонской зоной смятия, Тигерекским, Южно-Тигерекским, Тимофеевским [13]. Наиболее значимые железорудные месторождения сформировались вблизи тектонических швов (Холзунское Тимофеевское) и связаны с островодужными толеитами и известковощелочными базальтами. Часть из них (Инское, Белорецкое) впоследствии скарнированы в контактах с коллизионными гранитоидами. В удалении от краевых тектонических швов прогиба широко распространены вулканогенно-осадочные (Коргонское, Кедровское и др.), магматические (рудные эффузивы) и гидротермальные кремнистые рудопоявления железа и марганца [14].

В пределах рудного поля и флангов крупного Холзунского магнетитового месторождения распределение оруденения свидетельствует о его полигенном образовании. Здесь закартированы первичные полосчатые осадочные руды и рудные порфириды (содержащие до 33 % Fe<sub>вал</sub>). Промышленные концентрации железа контролируется экзоконтактной зоной девонской плагиогранит-гранодиорит-диоритовой Хайдунской интрузии и зоной рассланцевания. Образование их связано с наложением перераспределенного железа на первичные осадочные руды [15]. Одновременно на железные руды наложилась апатитовая минерализация [16].

#### *Выводы*

1. Подготовлен к отработке Алтайский железорудный район, объединяющий весьма крупное Холзунское, крупное Белорецкое и среднее Инское месторождения, а также ряд мелких месторождений. Суммарные прогнозные ресурсы его достигают 2,5 млрд. т железной руды [2-3].

2. Алтайские железные, титаномагнетитовые и марганцевые руды могут быть востребованы металлургическими комбинатами Кемеровской области. Уже сейчас местная сырьевая база этих предприятий недостаточна. Возможность совместного использования руд Харловского, Инского и Белорецкого месторождений рассматривалась ранее [4]. Строить ГОК, по-видимому, целесообразно в обжитом сельскохозяйственном Краснощековском районе на базе Харловского титаномагнетитильменит-ванадиевого и глиноземного месторождения. Отнесение затрат на создание инфраструктуры ко всем месторождениям как единому району позволит существенно увеличить экономическую эффективность освоения всех этих месторождений и привлечь к нему внимание инвесторов [5]. Предполагаемая железнодорожная ветка может пройти от ст. Шипуново до Харловского месторождения (БИХГОК) – 60 км, далее до с. Тигирек – 70-80 км, от с. Тигирек до Белорецкого месторождения – 30 км и до Инского месторождения порядка – 50 км. Необходимо инженерно-геологическое обоснование места прохождения железной дороги. К сожалению, железная дорога из-за горного рельефа не сможет обойти территорию Тигирекского заповедника и Чинетинского заказника.

3. Очень привлекательный объект для отработки комплексное магнетит-германиевое-апатит-редкоземельное Холзунское месторождение. Около трети разведанных запасов находится на территории Казахстана. Поэтому разработка будет проходить на основании межгосударственного соглашения. От Холзунского месторождения в советское время прорабатывался проект транспортировки руды до железнодорожной станции г. Лениногорска (Казахстан), расположенной в 50 км по прямой [4]. Железная дорога пройдет 30 км на север по долине р. Хайдун с потерей высоты в среднем 30 м на 1 км.

Далее она повернет на запад и через невысокий перевал через 30-40 км достигнет железнодорожной станции г. Лениногорска (Казахстан). Возможен вариант постройки Холзунского ГОКа в 30 км от месторождения на р. Хайдун – на лесоучастке Абайского леспромхоза. Возможны и другие варианты железной дороги по территории России, например, от Холзунского месторождения до Тимофеевского, а затем до Инского, Белорецкого и Харловского. Во всех вариантах необходимо серьезное инженерно-геологическое обоснование. Попутно с разработкой Холзунского месторождения может быть отработано Прозрачное месторождение браунитовых руд, расположенное в 12 км к северу, с прогнозными ресурсами  $P_1$  25 млн. т, со средним содержанием марганца в руде – 10-18,5 %.

4. Энергетический потенциал региона, необходимый для разработки Алтайского железорудного района на территории России, может быть значитель-

но увеличен в процессе строительства западного газопровода, который пройдет по территории Алтайского края и Республики Алтай. Обсуждались два варианта поставки газа в Китай: через перевал Канас и вдоль Чуйского тракта через Монголию. Пока ведутся консультации и предварительные согласования. Строительство планируют осуществить в течение двух лет. Попутно на территории Алтая в районе освоения месторождений могут построить газовую электростанцию. Это будет способствовать промышленному развитию региона и повышению инвестиционной привлекательности отработки комплексного магнетит-германий-апатит-редкоземельного Холзунского, магнетитовых Белорецкого и Инского и комплексного титаномагнетит-ильменит-ванадиевого и глиноземного сырья Харловского месторождений. Возможны варианты строительства АЭС и ГЭС на территории Алтайского края [2].

#### Список литературы

1. Кассандров Э.Г., Иванов В.И., Лидин Н.С. Сырьевая база железа и марганца Сибири // III века горно-геологической службы России: матер. регион. конф. геологов Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока России. Т. II. – Томск, 2000. – С. 86-87.
2. Коржнев В.Н. Полезные ископаемые Алтайского края и Республики Алтай. Бийск, 2011. – 231 с.
3. Маринин А.М., Барышников Г.Я., Лузгин Б.Н., Модина Т.Д. и др. Алтай. Республика Алтай. Природно-ресурсный потенциал – Горно-Алтайск, 2005. – 336 с.
4. Калугин А.С. и др. Железорудные месторождения Сибири. – Новосибирск, 1981. – 238 с.
5. Шабалин Л.И. О возможности создания на Алтае на базе трех месторождений единого Белорецко-Инского Харловского ГОКа (БИХГОКА) как крупнейшего источника железо-титано-ванадиево-алюминиевого сырья // Развитие минерально-сырьевой базы Сибири: от В.А. Обручева, М.А. Усова, Н.Н. Урванцева до наших дней: матер. Всерос. форума с междунар. участием, посвящ. 150-летию акад. В.А. Обручева, 130-летию акад. М.А. Усова и 120-летию проф. Н.Н. Урванцева. – Томск, 2013. – С. 442-447.
6. Гусев А.И., Гусев Н.И. Апатит-магнетитовое оруденение западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 2. – С. 74-78.
7. Селиверстова М.И. Титаномагнетитовые месторождения // Геология СССР. Т. XIV. Западная Сибирь. Полезные ископаемые, кн. 1. – М., 1982. – С. 160-161.

8. Парфенов Л.М., Берзин Н.А., Ханчук А.И. и др. Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии // Тихоокеанская геология. – 2003. – Т. 22. – № 6. – С. 7-41.
9. Тикунов Ю.В. Геохимия девонского базальт-андезитового вулканизма западной части Горного Алтая // Геология и геофизика. – 1995. – Т. 36. – № 2. – С. 61-69.
10. Тикунов Ю.В. Геохимия девонских вулканитов островодужного типа центральной и западной частей Горного Алтая. – Новосибирск, 1994. – 54 с.
11. Ладыгин П.П., Миртов Ю.В., Миртова С.М. Марганец // Геология СССР. Т. XIV. Западная Сибирь. Полезные ископаемые, кн. 1. – М., 1982. – С. 167-177.
12. Калугин А.С. Атлас текстур и структур вулканогенно-осадочных железных руд Алтая (источники вещества, условия и механизм отложения, явления диагенеза, эпигенеза и метаморфизма руд). – М., 1970. – 176 с.
13. Лузгин Б.Н. Роль глубинных разломов в размещении марганцево-железорудного оруденения // Советская геология. – 1983. – № 8. – С. 51-57.
14. Оболенский А.А., Берзин Н.А., Дистанов Э.Г., Сотников В.И. Металлогения Центрально-Азиатского орогенного пояса // Геология и геофизика. – 1999. – Т. 40. – № 11. – С. 1588-1604.
15. Коржнев В.Н. Распределение железоруденения в Холзунском рудном поле (Горный Алтай) // Тр. ИГиГ СО АН СССР. Вып. 465. Рудная зональность и физико-химия гидротермальных систем. – Новосибирск, 1980. – С. 76-80.
16. Коржнев В.Н., Робертус Ю.В., Авдеев В.М. Апатитовая минерализация в Холзунском рудном поле (Горный Алтай) // Тр. ИГиГ СО АН СССР. Вып. 503. Критерии прогнозной оценки эндогенного оруденения Алтае-Саянской области. – Новосибирск, 1982. – С. 33-35.

## ALTAI IRON ORE DISTRICT IN RUSSIA

V.N. Korzhnev

*Altai state humanitarian-pedagogical University them. V.M. Shukshin, Biysk, E-mail: viktorkorzhnev@mail.ru*

*The article presents information about iron ores in the Altai region, including deposits Holsunskogo, Beloretsk, Jnskogo magnetitovyh, deposits of titanium-magnetite Charlovskogo. Resources of iron ore estimated at 2.5 billion tons, and probable reserves of over 1.1 billion tons. Regularities of the distribution of mineralization and prospects of development of the area.*

*Keywords:* complex magnetite-germanium-apatite-REE ores, complex titanomagnetite-ilmenite-vanadium and alumina ores, magnetite ores.