



ЧИНЕЙ И УДОКАН ЖДУТ ОСВОЕНИЯ

БОГАТСТВА
ЗА БАЙКАЛОМ

Бронислав Гонгальский

Начальник Восточно-Сибирской экспедиционной базы ИГЕМ РАН,
кандидат геолого-минералогических наук

6 лет назад строители железной дороги Чара — Чина вырубали полку на крутом склоне Удоканского хребта и, обогнув Удоканское месторождение с запада, достигли южной границы месторождения Магнитное Чинейского массива — станции Карьерная. По строящейся дороге был отправлен единственный состав с титаномагнетитовой рудой на Коршуновской ГОК. Для погрузки руды не требовалось ее обогащения — сплошные титаномагнетитовые руды на месторождении составляют значительную долю запасов и могут отправляться металлургам прямо с карьера. Не только в России, но и в мире такие руды встречаются крайне редко.

Месторождение Магнитное было открыто М.Н. Петрусевичем и Л.И. Казик — геологами БАМпроекта в 1938 году, а в 1992 году на месторождение был назначен собственник — ОАО «Забайкалстальинвест». За 15 лет здесь прибавилось несколько канав и мелких скважин. В России по-прежнему ощущается острая нехватка ванадия, хотя по ресурсам этого

металла только гигантский Бушвельд в ЮАР может сравниться с месторождениями Чинейского массива. В Бушвельде два десятка пластов протягиваются на сотни километров, а руды Чинейского массива образуют два компактных месторождения — Этырко и Магнитное. Мощность рудосной толщи достигает одного километра, а небольшие рудные тела можно обнаружить в подошве и кровле массива. Геофизические поля ближайшего обрамления Чинейского массива дают основание для существенного расширения рудной базы на черные металлы. Молодыми гранитами перекрыт Майлавский массив с железо-титан-ванадиевыми рудами и, что важно, хромитовой минерализацией, которая здесь ранее не была известна. В месторождениях Этырко и Магнитное запасы титаномагнетитовых руд соотносятся как шесть к одному. Титаномагнетитовые руды содержат также минералы цветных и благородных металлов.

По периферии Чинейского массива установлено несколько месторождений сульфидных руд с никель-кобальт-медны-

ми рудами с промышленными концентрациями родия, платины, палладия, золота, серебра и других металлов.

На геолого-экономической карте Читинской области показаны месторождения, составляющие национальное достояние России. Цветные металлы — это Удокан и его спутники (Правоингамакитское, Сакинское, Клоквенное, Ункурское и др.), месторождения Чинейского массива (Рудное, Солнечное, Сквозное, Контактное). Черные металлы — месторождения Этырко и Магнитное Чинейского массива, месторождения магнетита Чарской группы. Редкие и редкоземельные металлы — Катугинское месторождение. Три из них (Удокан, Чиней, Катугин) — суперкрупные. К попутным относятся металлы как указанных групп, так и благородные: золото, серебро, платина, палладий. Коксующиеся и энергетические угли, известняки и другие составляющие металлургических процессов находятся здесь же.

В геологическом строении этого района преобладают древние породы: осадки прибрежных морей и рек с возрастом

около 2 млрд лет, чуть моложе магматические породы — граниты кодарского комплекса и габброиды чинейского комплекса. Этот период истории Земли характеризуется распадом первого суперконтинента планеты — Пангеи-0, формированием осадочных пород, внедрением коровых (гранитных) и мантийных (базитовых) расплавов. Именно с этими событиями и связано образование суперкрупных концентраций черных, цветных, редких, благородных металлов (месторождения Удокан, Катугин, Чинейского массива). Концентрирование металлов происходило при фракционировании мантийных расплавов с образованием месторождений в кристаллизовавшихся магматических породах, в зонах контактов расплавов с вмещающими породами. Проникавшие выше растворы формировали жильные месторождения в осадочных породах, излияние таких растворов на дно водного бассейна приводило к образованию собственно осадочных месторождений.

Пока ученые дискутировали на тему, есть ли связь между месторождениями медных руд Удокана и Чинейского массива, министерство путей сообщений такую связь (дорогу) построило, московское правительство запустило возле пос. Удокан опытно-промышленную установку для изучения технологических схем обогащения руд. Ни шатко ни валко продвигались работы на месторождениях Рудное и Магнитное, а в августе прошлого года они были приостановлены.

Черные металлы

Чинейский массив представляет собой тело сложной морфологии, залегающее дискордантно в нижнепротерозойских терригенно-карбонатных отложениях. В его строении принимает участие несколько групп пород, между которыми установлены интрузивные взаимоотношения. Первая группа представлена крупными ксеноблоками и ксенолитами пироксенитов, измененных анортозитов, габбро. Вторая группа пород включает габброиды, характеризующиеся повышенными содержаниями титаномагнетита и подразделяющиеся на титаномагнетит-габбровую (мощностью около 1 км) и лейкогаббровую (до 1,5 км) серии. Породы титаномагнетит-габбровой серии встречаются в виде двух разобщенных блоков (месторождения Этырко и Магнитное). Породы лейкогаббровой серии слагают верхнюю часть массива. Третью группу составляют нориты и габбронориты, выделенные в габброноритовую серию. Наиболее поздними образованиями (4-я группа) являются магматические

брекчии с лампрофировым и габброноритовым цементом, образующие силлы в приподшенной части интрузива, дайки и трубообразные тела внутри массива. Месторождения черных металлов ассоциируются с породами 2-й группы, цветных и благородных металлов — с породами 3-й и 4-й групп.

На месторождении Этырко установлено 29 рудных тел, приуроченных к титаномагнетит-габбровой серии. Мощность рудной толщи — 700—1000 м, падает под углом 20° к центру интрузива. Мощность рудных тел составляет 3,1—40,3 м. Рудные тела прослежены по простиранию до 3600 м, по падению — до 1400 м. Содержание железа общего — 25,4—54,8 %, диоксида титана — 3,6—11 %, пентоксида ванадия — 0,3—1,2 %.

Государственным балансом учтены запасы титаномагнетитовых руд месторождения Магнитное в количестве около 1 млрд т.

На месторождении Магнитное титаномагнетитовые рудные тела той же титаномагнетит-габбровой серии мощностью 700 м, преобладающее падение слоев на север под углами 10—24°. В составе серии выделено семь рудных пачек, содержащих 34 рудных тела пластовой формы протяженностью 70—3350 м и мощностью 5,7—79 м, которые по падению прослежены до 1430 м. Содержание железа общего — 21—54,1 %, диоксида титана — 2,6—11,2 %, пентоксида ванадия — 0,25—1,05 %.

Руды месторождения Этырко более магнетитовые, пироксен-титаномагнетитовые, вкрапленные, с постепенными изменениями соотношений пироксенов и титаномагнетита, только в верхах титаномагнетит-габбровой серии наблюдаются чиниты — плагиоклаз-титаномагнетитовые породы с минимальными содержаниями магния. Кроме преобладания чинитов в составе рудных тел месторождения Магнитное, здесь более широко распространены жильные титаномагнетитовые руды. Округлые, пламевидные обособления титаномагнетитов наблюдаются в более поздних норитах, которые также присутствуют в виде апофизов среди титаномагнетитов.

Главные рудные минералы: титаномагнетит (10—98 %), ильменит (0,5—19 %); второстепенные — магнетит, гематит. Тита-

номагнетит представляет собой агрегат, образовавшийся в результате распада твердого раствора и состоящий из магнетита с многочисленными мельчайшими включениями ильменита и шпинели. Соотношение магнетита со свободным ильменитом варьирует от 20:1 до 10:1. Руды обычно содержат редкую вкрапленность сульфидов (от долей до 2 %), представленных в основном халькопиритом и кобальтсодержащим пиритом.

Для титаномагнетитовых руд применяется мокрая магнитная сепарация. Получены кондиционные железо-титан-ванадиевые концентраты, содержащие 60 % железа, 11,5 % двуокиси титана, 1,6 % пятиокиси ванадия. При окомковании и обжиге из концентратов получают высокоплотные и низкопористые металлизированные окатыши, содержащие 73—76 % железа, 12,5—12,8 % двуокиси титана и 1,7 % пятиокиси ванадия. Уральским институтом металлов разработана высокоэффективная технология металлургического передела этих концентратов с получением ванадиевой стали, феррованадия, титанового шлака, пригодного для производства пигментного диоксида титана. При гидрометаллургической переработке концентрата возможно получение технических и высокочистых сортов пентоксида ванадия, при содержании его 92,6 % и 99,5 %. Флотацией хвостов магнитной сепарации получены ильменитовый концентрат с содержанием железа 35 %, диоксида титана 34 %, пентоксида ванадия 0,2 %, медно-кобальтовый концентрат, содержащий 10 % меди и 0,9 % кобальта.

Государственным балансом учтены запасы титаномагнетитовых руд месторождения Магнитное в количестве около 1 млрд т, в том числе в контуре карьера первой очереди по категории C₁+C₂ — более 400 млн т, при среднем содержании железа общего 32,6 %, железа магнетитового — 25,6 %, пятиокиси ванадия — 0,52 %. При производительности 18 млн т руды в год предполагается получение около 4,2 млн т кускового концентрата, примерно столько же окатышей, 34 тыс. т пятиокиси ванадия и более 0,5 млн т ильменитового концентрата. Капитальные затраты определены в размере 4,14 млрд руб., рентабельность по чистой прибыли — 17,1 %.

Чарская группа месторождений железистых кварцитов является южным флангом крупной Чаро-Токкинской железорудной зоны и располагается к северу (15—30 км) от трассы БАМ. В составе группы выделено 3 месторождения — Южно-Сулуватское, Нижне-Сакуканское



и Сакуканырское, с общими геологическими запасами 2,4 млрд т руды, в том числе запасы категорий $C_1 + C_2$ для открытой отработки — 660 млн т, для штольневой — 475 млн т. Геологические запасы всей Чаро-Токкинской железорудной зоны, северная часть которой располагается на территории Якутии, составляют 9,75 млрд т руды, в том числе разведанные по категории $B+C_1+C_2$ — 5,5 млрд т.

Южно-Сулуатское месторождение изучено на стадии предварительной разведки, запасы апробированы в ГКЗ СССР. Руды сложены преимущественно магнетитом (15–45 %) и кварцем (до 60–70 %). Руды легкообогащаемые, обогащение возможно по схемам двух- и трехстадийной магнитной сепарации. В первом случае содержание железа общего в концентрате — 68,1 %, извлечение в концентрат — 81,29 %, выход концентрата — 34–56,7 %, во втором — содержание железа общего в концентрате — 71,78 %, извлечение в концентрат — 82,5 %, выход концентрата — 32,22 %. Этот суперконцентрат пригоден для прямого восстановления железа в порошковой металлургии. Разведанные запасы руд составляют 650 млн т, в том числе для карьера первой очереди — 300 млн т с производительностью 6,5 млн т руды в год.

Цветные металлы

Месторождения сульфидных руд образуют самостоятельные месторождения по периферии Чинейского массива (Рудное, Солнечное, Сквозное, Контактное), но повышенные концентрации сульфидов присутствуют также и среди титаномагнетитовых руд месторождений Этырко и Магнитное.

Медно-сульфидные руды локализованы в приконтактной зоне массива. Рудные тела плито- и пластообразные с неровной поверхностью. Прослежены по простиранию на 300–6200 м, падению — до 4500 м, по глубине от поверхности — до 700 м.

Комплексные медные руды — ливационные, аутометасоматические, скарновые, вкрапленные, гнездово-вкрапленные, гнездовые, прожилковые, прожилково-вкрапленные. По составу — пирит-пирротин-халькопиритовые (45,7 %), пирит-халькопиритовые (40 %), пирротин-халькопиритовые (3,1 %), борнит-халькопиритовые (1,7 %), халькопирит-пирротинные (1,7 %). Среди них выделяются эндо- и экзоконтактные. Зоны эндоконтактных руд характеризуются хорошей выдержанностью по простиранию и падению, меньшими колебаниями концентраций полезных компонентов.

Кроме меди, они содержат благородные металлы (платиноиды, золото, серебро), кобальт, никель, извлекаемые в единый концентрат. Экзоконтактные руды распространены меньше, но отличаются высокими содержаниями меди — до 7–10 % в отдельных сечениях.

Рудная залежь месторождения Рудное представлена плитообразным телом в приконтактной части интрузии. Залежь прослежена практически на всем протяжении контакта на 6,2 км с поверхности и на глубине. Глубина залегания не превышает 250 м, углы падения к центру 5–15°. Залежь имеет сложную конфигурацию, обусловленную резко расчлененным ре-

Ресурсный потенциал меди месторождений Чинейского массива составляет около 40 % от запасов Удоканского месторождения, причем стоимость 1 т продукции в 2–2,5 раза выше.

льефом дна и кулисообразным расположением рудных ветвей, протяженность которых 45–800 м, мощность — 1,3–61,3 м. Содержание меди — 0,2–2,21 %; никеля — 0,02–0,1 %, кобальта — 0,004–0,03 %, платины — 0,07–1 г/т, палладия — 0,11–5 г/т; серебра — 1,2–9,6, золота — 0,02–0,36 г/т.

На Солнечном месторождении установлены две рудных залежи: одна в приконтактной части интрузии в 5–100 м от контакта, другая в 160–300 м выше контакта интрузии. Обе залегают субпараллельно расчлененности и контакту интрузии. Вкрапленное промышленное оруденение приурочено к эндоконтактной части интрузии, где выделены также два рудных тела размером 4×1 км и мощностью 13,8 м и 3,3×2,6 км, при мощности 1,2–34,9 м. Углы падения рудных тел 2–24°. Содержание меди — 0,28–0,63 %, никеля — 0,03–0,13 %, кобальта — 0,003–0,018 %, платины — 0,06–0,37 г/т, палладия — 0,1–0,83, золота — 0,01–0,12, серебра — 2,3–3,7 г/т.

Рудная залежь на месторождении Контактное четко приурочена к эндоконтакту, имеет пластообразную, местами ветвистую форму, размеры 1×2,5 км, мощность 7,6–109,6 м, углы падения 3–35°. Содержание меди — 0,39–2,62 %, никеля — 0,03–0,2 %, кобальта — 0,005–0,014 %, платины — 0,02–0,21 г/т, палла-

дия — 0,07–0,79 г/т, золота — 0,01–0,07 г/т, серебра — 1,5–4,9 г/т.

На месторождении Сквозное оруденение в эндоконтактной части, в 5–120 м от контакта имеет сложную форму, обусловленную неравномерным содержанием полезных компонентов. Протяженность рудных тел по простиранию и падению 0,5–3 км, мощность 1,8–18,1 м. Содержание меди — 0,29–1 %, никеля — 0,04–1,7 %, кобальта — 0,008–0,018 %, платины — 0,02–0,9 г/т, палладия — 0,14–1, золота — 0,02–0,27, серебра — 1,6–5,3 г/т.

Медные руды хорошо обогащаются по флотационно-магнитной схеме, предусматривающей флотацию сульфидов меди и благородных металлов с получением комплексного медного концентрата марки КМ-6, КМ-7 и мокрую сепарацию хвостов флотации с получением железо-титан-ванадиевых концентратов. Комплексный сульфидный концентрат содержит 13,5–18,5 % меди, 0,6 % никеля, 0,1–0,24 % кобальта, 1–2,5 г/т золота, 10,5–53,5 серебра, 1,5–3 платины, 7,5–10,5 палладия, 0,081 г/т рутения. Выход концентрата 3–4 %, извлечение меди 90–92 %, никеля 50 %, кобальта 40–55 %, платины 57–60 % золота 70 %, серебра 70 %, рутения 43 %. Попутно получаемый железо-титан-ванадиевый концентрат содержит 60–64,5 % железа; 5–9 % двуокиси титана, 0,4–1,65 % пятиокиси ванадия при извлечении, соответственно, 20–42, 25–34, 19–32 %. Выход его 3–8 %.

Ресурсный потенциал меди месторождений Чинейского массива составляет около 40 % от запасов Удоканского месторождения, причем стоимость 1 т продукции в 2–2,5 раза выше, чем на Удоканском месторождении, за счет попутных компонентов.

Месторождение Удокан детально разведано горными выработками в комбинации с буровыми скважинами. В геологическом строении района месторождения участвуют в основном метаморфизованные осадочные образования нижнего протерозоя (удоканская серия) и раннепротерозойские интрузивные породы, окаймляющие с юга Чарскую глыбу — выступ кристаллического архейского фундамента. Основной горизонт медистых песчаников на месторождении приурочен к верхней подсвите сакуканской свиты. Выход его на поверхность имеет форму эллипса. Общая длина его по периметру намингинской муьды — 25 км, площадь, околтуренная его выходом, — 30 км². Суммарная длина участков с промышленным оруденением внутри меденосного горизонта — 14,5 км. Мощ-

ность горизонта колеблется от первых метров до 300 м. На месторождении выделяются три рудоносных уровня, в пределах которых сосредоточено 9 рудных залежей. Среди них выделяются 53 рудных тела пластово-линзовидной формы. Подавляющая часть запасов заключена в 11 рудных телах. Длина их по простиранию 300–2000 м, падению 400–2500 м, мощность 16–51,6 м, находятся они друг от друга на расстоянии 20–3500 м. Руды борнит-халькозиновые (67,5%), халькопиритовые (6,5%) и вторичные малахит-брошанитовые (26%). Преобладают вкрапленные разности руд, реже наблюдаются массивные и линзовидно-слоистые.

Выделяются 3 технологических сорта руд: сульфидные, смешанные и окисленные. Содержание меди в руде колеблется от десятых долей до 36%. В запасах категории В, С₁, С₂ среднее содержание меди составляет 1,76%, 1,45%, 1,34%. Попутными компонентами в рудах являются сера сульфидная, серебро, золото в медном и железе в магнетитовом концентратах. Среднее содержание серебра около 10 г/т. Содержание золота в медном концентрате 0,33–0,32 г/т, железа в магнетитовом концентрате — 63,76%.

Руды месторождения обогащаются по флотационной схеме при различном реагентном режиме. Среднее извлечение меди по сумме технологических сортов — 87,2%, при среднем содержании ее в концентрате — 30%. Для сульфидных, смешанных и окисленных руд эти показатели соответственно составляют 93,08% и 32,24%, 82,7%, и 28,5%, 77,9% и 24,8%. По разработанному в 1996 году ТЭО строительства горно-металлургического предприятия отработка Удоканского месторождения предусматривается открытым способом.

Месторождения Ункурское, Правонингамакитское, Ключевенное, Сакинское и др., изученные на стадиях поисковых и поисково-оценочных работ, обычно рассматривались в качестве дополнительной сырьевой базы Удоканского ГОКа. Залежание рудных тел указанных месторождений среди осадочных пород являлись основным доказательством их аналогии с Удоканским месторождением. Высокие концентрации золота и серебра в некоторых из них, преобладающий халькопиритовый состав руд, секущий характер рудных залежей свидетельствуют об их гидротермальном генезисе. По многим параметрам они близки к экзоконтактовым рудам месторождений Чинейского массива. В рудах Правонингамакитского месторождения установлены высокие

концентрации золота, серебра, никеля, кобальта и других элементов, присутствие минералов никеля (пентландита и миллерита), селенидов и теллуридов серебра, меди, свинца.

Основной медоносный горизонт на Ункурском месторождении (в 5 км от БАМ) прослежен канавами на протяжении 6 км, на глубину — скважинами до 350 м. По данным геофизики предполагается его продолжение под чехлом рыхлых отложений еще на 4 км. Главное рудное тело представлено плитообразной залежью мощностью 10–15 м, с падением под углом 45–50°. Сакинское месторождение расположено в 6–8 км юго-восточнее Удоканского и представлено горизонтами медистых песчаников в отложениях верхнесакуканской подсвиты и намингинской свиты. Оруденение прослежено на 15 км. Выделен ряд рудных пачек мощностью от 2 до 23 м. Ключевенное месторождение расположено в 5 км севернее Удоканского и представлено горизонтом медистых песчаников в отложениях нижнесакуканской подсвиты. Горизонт прослежен канавами на протяжении 2–3 км, в его составе выделено 2 рудных тела мощностью 2–4,5 м и 1,5–7,6 м, при низких содержаниях меди.

Ресурсы месторождений, расположенных в ближайшем обрамлении Удоканского (20 млн т меди) и Чинейских (8 млн т) месторождений, составляют более 12 млн т меди, но на порядок превосходящие концентрации золота и серебра и других металлов в них ставят их на один уровень с самим Удоканом.

Благородные металлы

Концентрации благородных металлов в рудах рассматриваемых месторождений варьируют, причем распределения золота и серебра, с одной стороны, и платиноидов, с другой, также различаются в окисдных и сульфидных типах руд. В рудах Удоканского месторождения содержания золота составляют сотые доли г/т, но в сульфидных концентратах воз-

растают на порядок и могут извлекаться. Запасы золота по промышленным категориям составляют 15 т, серебра — более 17 тыс. т. В месторождениях, относящихся к спутникам Удокана, установлены на порядок более высокие концентрации золота и серебра, суммарные запасы которых могут достигать объемов крупного месторождения золота (более 100 т). Еще более крупные запасы золота, серебра, металлов платиновой группы находятся в рудах месторождений Чинейского массива. Здесь присутствуют руды с аномально высокими концентрациями благородных металлов и также аномальными их соотношениями. В групповых пробах месторождения Рудное еще в конце 70-х годов были определены суммарные содержания платины, палладия, золота более 350 г/т, преобладающие соотношения палладия к платине в медных рудах более 3, но в некоторых рудных телах платина преобладает над палладием (более 80). На наиболее изученном месторождении Рудное выделено пять локальных зон с запасами меди по категории С₂ — 5 млн т руды с высокими содержаниями платиноидов. Руда преимущественно пирит-халькопиритовая и халькопиритовая. Встречаются пирротин, арсениды никеля и кобальта, куприт, кубанит, пентландит, кобальтин, борнит, магнетит, ильменит, гематит, молибденит, сперилит, самородные медь и золото, кюстелит, аргентопентландит, куперит, потарит, станнопалладинит, минералы палладия (майченерит, меренскит, садберрит, фрудит). Руда содержит 4,42% меди, 2,57 г/т платины, 7,07 г/т палладия, 0,38 г/т золота и 36,57 г/т серебра. Обогащается руда по флотационно-магнитной схеме. Платиноиды извлекаются преимущественно в медный концентрат.

Длительная история изучения Удоканского и Чинейских месторождений грозит перерасти в столь же длинную тяжбу в распределении лицензий на право разработки месторождений этого уникального региона планеты.

Список использованной литературы:

1. Архангельская В.В., Быков Ю.В., Володин Р.Н. и др. Удоканское медное и Катутинское редкометальное месторождения Читинской области России. — Чита. 2004. 520 с.
2. Геологическое строение и полезные ископаемые Читинского участка БАМ (аналитический обзор). — Чита. 2002. 63 с.
3. Гонгальский Б.И., Сафонов Ю.Г., Кривоуцкая Н.А., Прокофьев В.Ю., Юшин А.А.. Новый тип золото-платино-медного оруденения в Северном Забайкалье. Докл. РАН (2007 г., в печати).
4. Лаверов Н.П., Козицын А.А., Митин А.Н. Зачем России Удокан. — Екатеринбург: ИД «Пироговъ», 2004. 320 с.
5. Типоморфные особенности и условия формирования крупных месторождений (Au, U, TR, REE, алмазы); перспективные рудные районы и области России / Уникальная Удокан-Чинейская рудно-магматическая система (С. Забайкалье) // Б.И. Гонгальский, Ю.Г. Сафонов, Н.А. Кривоуцкая и др. — М., ИГЕМ РАН, 2006. Том 2.