

нии рудного вещества под влиянием динамотермального метаморфизма.

5. Локализацию богатых полиметаллических руд определяют литолого-структурные факторы. Как показала практика поисково-разведочных и горно-эксплуатационных работ, руды локализуются на участках резких флексурных разворотов струк-

тур и сложных перегибов плейчатости сланцев, в зонах гравитационного обрушения сланцев-тектонитов, расщепления трещин отдельности (в моменты максимального проявления тектонических динамодислокаций и открытия полостей отдельности в сланцах-тектонитах), сколовых трещин, тектонически нарушенных контактов сланцев с порфировыми телами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Астафьев М.П., Беляев А.П. Морфологические особенности и разведанность Золотушинского месторождения // Сов. геология. 1973. № 5.
2. Астафьев М.П., Черных А.Ф., Фалейчик А.В. Критерии поисков промышленного оруднения в Золотушинском рудном районе // Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Алма-Ата, 1977.
3. Вольфсон Ф.И. Вопросы структуры прииртышских полиметаллических месторождений на Алтае // Изв. АН СССР, сер. геол. 1946. № 2.
4. Вопросы геологии и металлогении Рудного Алтая. Алма-Ата, 1960.
5. Воробьева С.В. Новые данные о геологическом строении Ново-Золотушинского месторождения на Рудном Алтае // Сов. геология. 1986. № 3.
6. Воробьева С.В. Особенности геологии Новозолотушинского сульфидного месторождения на Алтае // Изв. АН СССР, сер. геол. 1987. № 5.
7. Галдин Н.С. Структурные особенности Белоусовского месторождения на Алтае // Изв. АН СССР, сер. геол. 1957. № 4.
8. Гармаш А.А., Стучевский Н.И., Рубо Г.Л. и др. Условия локализации лентовидных залежей полиметаллических руд в Иртышской зоне смятия (Белоусовское месторождение) // Изв. АН СССР, сер. геол. 1970. № 12.
9. Геология рудных районов и месторождений твердых полезных ископаемых Казахстана. Алма-Ата, 1984.
10. Горжевский Д.И., Чеквайдзе В.Б., Исакович И.З. Типы полиметаллических месторождений Рудного Алтая, их происхождение и методы поисков. М.: Недра, 1977.
11. Довгаль Н.Д. Новые данные о разведке Золотушинского месторождения // Вестник Зап.-Сиб. геол. упр. 1941. В. 1—2.
12. Елисеев Н.А. Петрография Рудного Алтая и Калбы // Петрография СССР, серия «Региональная петрография». В. 6. М., 1938.
13. Иванкин П.Ф. Полиметаллические месторождения Прииртышья. М.: Госгеолтехиздат, 1957.
14. Кузнецов Ю.А. Порфировые интрузии северо-западного Алтая и их фациальность // Изв. АН СССР, сер. геол. 1951. № 2.
15. Материалы по геологии Рудного Алтая. М.—Л.: ГОНТИ, 1939.
16. Митропольский Б.С., Паренного М.К. Полиметаллические месторождения Алтая и Салаира. Новосибирск, 1931.
17. Морозенко Н.К. Прииртышский гранитный массив и связанные с ним месторождения олова и вольфрама (Восточная Калба) // Тр. ЦНИГРИ. 1937. В. 31.
18. Нехорошев В.П. Зоны смятия и зональность орудения Алтая // Проблемы советской геологии. 1938. № 3.
19. Нехорошев В.П. О докембрии Алтая и о возрасте Иртышского метаморфического комплекса // Зап. ВМО. 1939. № 3.
20. Нехорошев В.П. Тектоника и металлогения Алтая и Калбы. М.: Госгеолтехиздат, 1951.
21. Пилипенко П.П. Минералогия Западного Алтая // Изв. Томского ун-та. 1915. Кн. XII.
22. Проблемы генезиса колчеданно-металлических месторождений Рудного Алтая. Алма-Ата, 1977.

Рецензент — Г.Н. Пилипенко

УДК 533.04(571.6)

Г.И. АРХИПОВ

## ОСОБЕННОСТИ ТИТАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА И ИХ ВОЗМОЖНОСТИ ОСВОЕНИЯ

Выполнены поисково-оценочные работы на семи объектах титановых руд; проведены технологические испытания. Установлено, что рудный концентрат ряда прибрежно-морских россыпей представляет собой богатую комплексную руду титана, ванадия и железа. Континентальные россыпи титановорудного сырья имеют значительные перспективы, но изучены крайне мало.

На Дальнем Востоке установлен ряд месторождений титановых руд нескольких геолого-промышленных типов. Детальную характеристику их можно найти в ряде работ [3, 8—10, 12, 13].

Коренные месторождения титана на рассматриваемой территории принадлежат формации ильменит-титаномангнетитовых и ильменитовых (часто с апатитом) месторождений в габброноритах и троктолитах, расположены главным образом в архейских породах автономных анокритовых ассоци-

ций, образующих протяженный пояс субширотной ориентировки вдоль юго-восточного края Сибирской платформы [8—10]. В металлогеническом плане они принадлежат Джугджуро-Становой титаносной провинции с Каларо-Хановским, Джугджурским и Удско-Селемджинским рудными районами, Брянтинской и Зейской рудоносными площадями (рисунок). В Хабаровском крае и Амурской области в настоящее время известны около 20 коренных месторождений титановых руд.

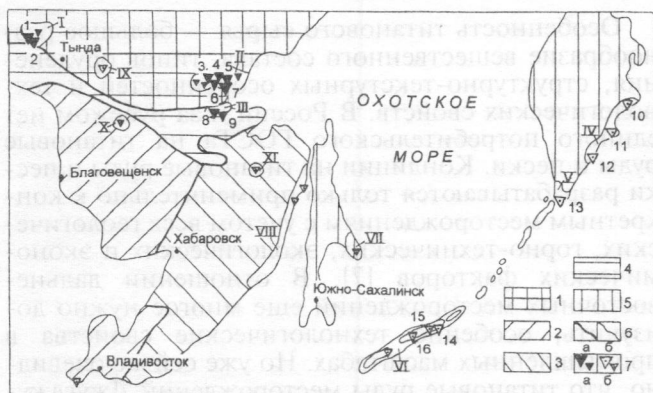


Схема размещения рудных районов коренного и россыпного титанового сырья, месторождений и проявлений титана в тектонических структурах на юге Дальнего Востока: 1—5 — тектонические структуры: 1 — Сибирская платформа, 2 — Буреинский и Ханкайский срединные массивы, 3 — Сихотэ-Алинская складчатая область, 4 — Амуро-Охотская складчатая область, 5 — Ниппонская геосинклинально-складчатая область; 6 — границы тектонических структур (а) и рудных районов и площадей (б); 7 — месторождения и рудопроявления коренных апатит-титаномагнетитовых, титаномагнетитовых руд (а) и титаномагнетитовых, магнетитовых россыпей (б). Месторождения: 1 — Большой Сейим, 2 — Куранах, 3 — Богидэ, 4 — Гаюмское, 5 — Геранское, 6 — Джанинское, 7 — Маймаканское, 8 — Давакит, 9 — Урожайное-I, Урожайное-II, 10 — Кроноцкое, 11 — Жупановское, 12 — Халактырское, 13 — Озерновское, 14 — Рейдовское, 15 — Ручарское, 16 — Зеркальный пляж. I—IX — рудные районы и рудоносные площади: I — Каларо-Ханинский, II — Джугджурский, III — Удско-Селемджинский, IV — Халактырский, V — Озерновский, VI — Южно-Курильский, VII — Южно-Сахалинский, VIII — Совгаванский, IX — Брянтинская, X — Зейская, XI — Сихотэ-Алинская

Поисково-оценочные работы выполнены на семи наиболее крупных из них (Большой Сейим и Куранах в северо-западной части Амурской области, Маймаканское, Гаюмское, Давакит, Урожайное-I и Урожайное-II на севере Хабаровского края). На этих объектах проведены технологические испытания руд, запасы и ресурсы  $TiO_2$  оценены по категориям  $C_2$  и  $P_1$ .

Выявлены три типа анортозитовых массивов в зависимости от степени метаморфизма: лабрадорвый (неизменные), андезиновый (гранитизированные), щелочные (гранитизированные и эклогитизированные). В лабрадорных массивах не установлены крупные скопления ильменитовых и апатитовых руд. В массивах андезинового типа преобладают магнетит-ильменитовые и магнетит-гемойльменитовые руды. В «щелочных» анортозитах выявлены собственно ильменитовые и магнетит-ильменитовые руды. Наибольший по размеру и промежуточный по составу (переходный от лабрадорного типа к андезиновому) массив (Геранский) характеризуется максимально проявленной рудоносностью, в том числе и апатитоносностью. В его пределах выявлено несколько десятков рудопроявлений комплексных руд и располагается большинство крупных месторождений региона Джугджурского рудного района. Комплексные руды представляют собой габброиды, в различной степени насыщенные титаномагнетитом, ильменитом, апатитом и др. [8—10].

В пределах анортозитовых массивов обычно выделяются две фации: центральная, собственно анортозитовая, и краевая, где анортозиты переслаиваются с габбро, норитами, пироксенитами. Подавляющая часть проявлений вкрапленных руд ло-

кализуется в краевой фации. Выделяют два генетических типа проявлений — ранне- и позднемагматический. В проявлениях *раннемагматического типа* рудные тела имеют пласто- и линзообразную формы, залегают согласно с вмещающими габброидами, располагаясь на двух структурных уровнях — в основании расслоенной серии пород и в ее верхней части, на контакте с анортозитами центральной фации. Среди проявлений *позднемагматического типа* установлены два подтипа: первый, представленный жило- и штокообразными телами сплошных руд, расположенными среди анортозитов центральной фации, в области их контакта с габброидами краевой фации, и второй, представленный штокообразными телами и жилами рудных меланогаббро и пироксенитов. Выделяют также два генетических типа, различающиеся морфологией и строением рудных тел, вещественным составом руд: метаморфизованный и метасоматический.

*Месторождение Богидэ*, относящееся к раннемагматическому типу, приурочено к краевой фации Геранского массива в основании и верхней части расслоенной габбро-сиенитовой серии, представленной чередованием горизонтов лейкократовых норитов, анортозитов, габбро-анортозитов. Рудные тела залегают в габброидах и имеют с ними постепенные переходы, образуя пласто- и линзообразные обособления. Строение рудных тел ритмичное: в основании ритмов находятся сплошные или богатые руды, развитые по меланократовым, иногда оливинсодержащим габброноритам, в верхней части — анортозиты и габбро-анортозиты с рассеяной вкрапленностью титаномагнетита и апатита. Ильменит присутствует в рудах в незначительных количествах. Содержание  $TiO_2$  в титаномагнетите руд составляет 19—21%,  $V_2O_5$  до 1%. Мощность ритмов 10—50 м с тенденцией увеличения вверх по разрезу, в этом направлении уменьшается плотность оруденения. Серия сближенных пласто- и линзообразных тел месторождения слагает крупную залежь мощностью 50—300 м и протяженностью до 12 км. К юго-востоку мощность рудного горизонта уменьшается за счет выклинивания отдельных ритмов и слоев. Рудные анортозиты, габбро-анортозиты, габбро сменяются рудными меланогаббро и пироксенитами.

На позднемагматическом *Гаюмском месторождении* изучены четыре рудоносные зоны, образованные серией сближенных тел мощностью от 13 до 100 м, протяженностью 200—800 м. Рудные тела апатит-ильменит-титаномагнетитового состава обладают невыдержанным распределением полезных компонентов. Месторождение располагается в центральной части Геранского массива на расстоянии 2—4 км от границы краевой фации. Рудные тела имеют крутопадающую жилообразную и штокоподобную формы и контролируются тектоническими трещинами. Руды сплошные и пятнистые, богатые (с содержанием  $TiO_2$  в титаномагнетите 17—19%). Ильменита в рудах примерно такое же количество, как и титаномагнетита.

На *Маймаканском месторождении* установлено, что оруденение образует две зоны, и рудные тела аналогичны таковым на Гаюмском месторождении. По запасам категории  $C_2$  и ресурсам катего-

рии  $P_1$  по  $TiO_2$  месторождения отнесены к категории крупных, по фосфатному сырью — к категории средних (по данным производственных работ В.М. Белоусова, В.М. Титова, 1989). Возможен подсчет запасов богатых ильменитовых руд, вскрытых скважинами на глубинах 150—400 м. В пределах Джугджурского рудного района обнаружены и другие крупные месторождения: *Джанинское*, представленное крупным штоком и двумя телами пластообразной формы, *Геранское*, имеющее мощность рудных тел 50—150 м и протяженность 4—6 км и др.

В Каларском массиве анортозитов на *месторождении Большой Сейим* оконтурены две рудные залежи субмеридионального простирания, с крутым падением, протяженностью более 1 км каждая при видимой мощности от 100 до 500 м. На глубину оруденение прослежено скважинами почти на 500 м, его распределение в пределах залежей неоднородное, содержание  $TiO_2$  от 5 до 25%. Установлены признаки третьей рудной залежи. Разведанные запасы месторождения по категории  $C_2$  составляют 22,8 млн. т  $TiO_2$ , ресурсы категории  $P_1$  — 36 млн. т. Минеральный состав руд магнетит-ильменитовый с отношением магнетита к ильмениту 1:2—1:3. Апатит встречается в незначительных количествах. Присутствует ванадий (0,2—1,8%  $V_2O_5$ ) (данные В.А. Блинова и др., 1985). На месторождение Куранах содержание  $TiO_2$  10—25, 38—55%,  $V_2O_5$  до 1,1%. Запасы  $TiO_2$  по категории  $C_2$  составляют 11,4 млн. т, ресурсы по категории  $P_1$  — 25—28 млн. т.

В Баладском массиве *месторождение Урожайное-I* имеет ширину несколько сотен метров, протяженность 3200 м. Среднее содержание  $TiO_2$  составляет 4,75; 15%. *Месторождение Урожайное-II* состоит из двух рудных тел мощностью 20 и 40 м с протяженностью 400 и 900 м. Прогнозные ресурсы месторождений Урожайное-I и Урожайное-II до глубин 50—400 м оценены в 65 млн. т  $TiO_2$ . *Месторождение Давакит* представляет собой зону шириной несколько сотен метров, протяженностью более 3 км. Содержание  $TiO_2$  7,46%,  $Fe_{общ.}$  5—17%. Среди вкрапленных апатит-ильменитовых и ильменитовых руд расположены четыре тела сплошных руд мощностью 5—15 м, протяженностью 300—1500 м с содержанием  $TiO_2$  до 19,4%,  $Fe_{общ.}$  30%. Ресурсы вкрапленных руд до глубины 200 м оценены в 36 млн. т, ресурсы сплошных руд до этой глубины — в 10 млн. т. В рудах месторождений Удско-Селемджинского рудного района выявлены высокие концентрации ванадия. В целом прогнозные ресурсы  $TiO_2$  в Джугджуро-Становой провинции оцениваются примерно в 900 млн. т по категории  $P_2$  и более 950 млн. т по категории  $P_3$  (данные Дальгеолкома).

Новые наиболее перспективные площадки находятся в пределах Каларского и Баладского массивов. В качестве перспективной выделена также Сихотэ-Алинская титаноносная провинция, где титаноносными являются массивы гипербазитов и габбро раннемелового возраста (данные К.М. Меркурьева, 1989). Наиболее перспективным здесь считается Кадимийский массив, в пределах которого оконтурена залежь ильменитового габбро с концентрацией  $TiO_2$  до 8,1% [3].

Особенность титанового сырья — большое разнообразие вещественного состава, типов оруденения, структурно-текстурных особенностей и технологических свойств. В России и за рубежом нет единого потребительского ГОСТа на титановые руды и пески. Кондиции на титановые руды и пески разрабатываются только применительно к конкретным месторождениям с учетом всех геологических, горно-технических, экологических и экономических факторов [7]. В отношении дальневосточных месторождений еще многое нужно изучить, особенно технологические свойства в промышленных масштабах. Но уже сейчас очевидно, что титановые руды месторождений Джугджуро-Становой провинции являются комплексными. Наряду с ильменитовым из них могут быть выделены апатитовый и магнетитовый концентраты, полевошпатовый и другие продукты. Специфичность титановых руд Джугджуро-Становой провинции в том, что среди них есть как ильменит-титаномагнетитовые (наиболее распространены), так и титаномагнетитовые. Технологические свойства этих руд различны. Самыми высококачественными являются магнетит-ильменитовые руды. Малораспространенные магнетит-гемоильменитовые руды Удско-Селемджинского и Каларо-Ханинского рудных районов характеризуются присутствием высокожелезистого ильменита. Ряд объектов, по существу, — месторождения апатита (содержание  $P_2O_5$  в рудах от 4 до 9%), и их ценность рассматривается именно с такой позиции. Кроме того, в титаномагнетите (от 0,22 до 1,07%) и частично в ильмените (от 0,02 до 0,14%) концентрируется ванадий, в апатите установлены редкие земли лантаноцериевой группы ( $\Sigma TR=0,23-0,26\%$ ). В монофракциях ильменита из руд Гаюмского месторождения установлено повышенное содержание (0,003%) скандия (данные О.Е. Воробьева, 1989). Могут быть утилизированы хвосты обогащения и вмещающие анортозиты для производства глинозема, поташа, соды, цемента, стекла.

В отечественной практике достаточно разработок по рациональному использованию комплексных руд такого типа. На основании подобных разработок для руд Джугджурского и Каларо-Ханинского рудных районов проводились лабораторные исследования обогатимости проб массой от 60 до 600 кг. Всего изучены 19 проб (16 проб месторождений Джугджуро и 3 Большой Сейим): 17 в ДВИМСе и 2 в технологической лаборатории завода Сибэлектросталь. В технологии переработки титановых руд месторождений Дальнего Востока получены положительные результаты в отношении природных типов руд. Необходимо провести геолого-технологическое картирование с определением распространенности и количества разных природных типов руд.

Технологические схемы для руд Джугджуро разрабатывались с целью получения апатитового концентрата и поисков схемы извлечения ильменита. *Магнетит-ильменитовые и апатит-магнетит-ильменитовые руды* легко обогащаются. В титаномагнетитосодержащих рудах значительная часть титана уходит в магнетитовый концентрат. Извлекаемость ильменита: 5—10% для месторождения Богидэ и 14—20% — Маймаканского. Выход апатитового

концентрата 10—25%. Суммарный выход ильменита и апатита составляет для большинства месторождений 20—40%, а с учетом ванадийсодержащего (0,4—1,0%  $V_2O_5$ ) титаномагнетитового концентрата повышается до 50%. Наиболее легко обогатимы руды Маймаканского месторождения.

При переработке апатит-ильменитовых руд Маймаканского и Гаюмского месторождений получены концентраты: ильменитовый, титаномагнетитовый, апатитовый. По качественным показателям промышленностью могут быть использованы ильменитовый и апатитовый концентраты. В титаномагнетитовом концентрате содержится сравнительно мало  $Fe_{общ.}$  (53 и 60%) и много  $TiO_2$  (8,5—10 и 8—10,5% соответственно для Маймаканского и Гаюмского месторождений).

Руды месторождения Большой Сейим исследовались как титановые. Технологические испытания 7 малообъемных проб показали хорошую обогатимость руд месторождения. Полученные ильменитовый и магнетитовый концентраты удовлетворяют требованиям промышленности (данные лабораторных исследований В.В. Остапенко и др., 1983—1989, В.Е. Карповой, Г.А. Глинских, 1988). При обогащении одной из проб выделен попутно апатитовый концентрат, а другой — кобальт-пиритовый и пирротинный продукты.

На месторождении Куранах проведены промышленные испытания для двух технологических проб, одна из которых (6000 т) отправлена на Новокузнецкий металлургический комбинат, другая (2000 т) — на Комсомольский металлургический завод. На первом проведенные лабораторные испытания, в результате которых установлены возможности переработки руды на искусственный рутил и богатый ферротитан и получения методом прямого восстановления «губчатого» железа и ванадийсодержащего чугуна и шлака. На Комсомольском металлургическом заводе предполагается использовать в производстве выделенный из пробы титаномагнетитовый концентрат.

Геолого-экономические расчеты выполнены для месторождений Джугджурского и Удско-Селемджинского рудных районов с целью обоснования предварительной разведки, так как на основании имеющихся данных очевидны значительные ресурсы. Оценка выполнена из расчета получения титана и апатита (Гипроруда, 1983, Н.В. Черевко и др., 1988) и на основе расчетов технико-экономических показателей деятельности условно прогнозируемых ГОКов. Определен невысокий уровень рентабельности. Экономически выгодной может быть только комплексная обработка месторождений. Причина этого — нахождение месторождений в труднодоступных районах. Наиболее отрицательный момент — отсутствие трудовых ресурсов на месте производства работ. Необходимое число работников и членов их семей (90000 тыс. человек, по самым минимальным расчетам) нужно привезти и обустроить в необжитой местности с весьма суровыми природными условиями. Месторождения Каларо-Ханинского рудного района находятся в более благоприятной географической ситуации, и поэтому лицензии на них приобретены заинтересованными компаниями.

**Морские россыпные месторождения титана** широко распространены вдоль Тихоокеанского побережья Дальнего Востока. Морские россыпи сосредоточены в пяти рудных районах (рисунок), входящих в состав Корякско-Камчатско-Курильской рудной провинции: Халактырском, Озерновском, Южно-Курильском, Южно-Сахалинском, Совгаванском.

**Халактырское месторождение** имеет мощность россыпи 3—4 м, местами до 10 м. Содержание  $TiO_2$  в песках составляет 1,42—1,77%,  $V_2O_5$  — 0,06—0,115%,  $FeO_{общ.}$  — 11,8—14,5%. Количество вредных примесей незначительно: фосфора — 0,005—0,043%, серы — 0,015—0,03%. В концентрате содержание  $TiO_2$  9,7%,  $V_2O_5$  — 0,46%,  $FeO_{общ.}$  57,6—58,1%. На месторождении выполнена детальная разведка (В.В. Радченко, Б.М. Дмитриев, 1971) и определены запасы песка — 78,7 млн. т. Из этого количества песка могут быть получены 5,85 млн. т титаномагнетитового концентрата, 0,96 млн. т железа растворимого (по категориям  $B+C_1$ ), ванадиевый концентрат. Имеются перспективы увеличения запасов песка на 25—30 млн. т. В подводной части ресурсы не оценивались. Прогнозные ресурсы концентрата из песков **Жупановского месторождения** определены в 18,8 млн. т, Кроноцкого — в 2,24 млн. т. На **Озерновском месторождении** выполнена предварительная разведка. Запасы титаномагнетитового концентрата по категории  $C_1$  составляют 0,261 млн. т. Пески ванадиеносные. Прогнозные запасы концентрата для района оцениваются в 10 млн. т.

**Ручарское месторождение** имеет мощность песков до 25 м, количество  $TiO_2$  в песках от 1,56 до 8%,  $V_2O_5$  — 0,03—0,08%. Запасы титаномагнетитовых песков по категории В составляют 4,5 млн. т,  $C_1$  — 5,6 млн. т,  $C_2$  — 0,5 млн. т. **Рейдовское месторождение** содержит в песках:  $TiO_2$  1,3—3,8%,  $V_2O_5$  0,105—0,225%,  $FeO_{общ.}$  в среднем 14—16%. Запасы продуктивного песка по категории  $C_2$  составляют 23,2 млн. т, прогнозные ресурсы — 6,9 млн. т. Пески **Ветрового месторождения** содержат  $Fe_{общ.}$  20,98%,  $TiO_2$  3,5%,  $V_2O_5$  0,082%. Прогнозные ресурсы месторождения 3,5 млн. т песка. Прогнозные ресурсы залива Простор, к которому приурочены названные месторождения Южно-Курильского рудного района, оценены в 196,5 млн. т песка до изобаты 50 м и в 101,6 млн. т до изобаты 20 м. Прогнозные ресурсы песка для **месторождения Зеркальный Пляж** оценены в 22,8 млн. т.

В **Совгаванском рудном районе** обнаружены 9 перспективных участков. Протяженность россыпей от 1—2 до 20 км, ширина 1—5 км (до изобаты 20—25 м), мощность до 15 м (в среднем 5 м). Рудный концентрат россыпей представляет собой богатую комплексную руду титана, ванадия и железа. Кроме того, он содержит примесь скандия и редкоземельных элементов цериевой группы. Количество  $TiO_2$  в концентрате 8—18%,  $V_2O_5$  — 0,4—0,6%, а оксидов железа — 60—77% [11]. Прогнозные ресурсы титаномагнетитовых песков Совгаванского района могут быть оценены в 300—400 млн. т.

Перспективы морских россыпных месторождений титаномагнетита очевидны. Выполнен ряд предварительных разработок по использованию в черной металлургии титаномагнетитового концен-

траты из россыпей Курильских островов. По одной из предложенных схем курильские титаномагнетитовые концентраты могут перерабатываться с помощью электродоменной плавки на ванадиевые чугуны с 0,35—0,43% ванадия и высокотитанистые шлаки с 35—33%  $TiO_2$ . Возможна последующая переработка шлаков на ферротитан или металлический титан, а чугунов — на феррованадий. Проведены исследования по синтезу композиционных порошков из концентратов курильских месторождений. Получены удовлетворительные результаты. Технологические испытания песков Ручарского месторождения в качестве железорудного сырья прошли в институте «Уралмеханобр», установлена возможность получения высокосортных природно-легируемых сталей. Проведены предварительные металлургическая и экономическая оценки переработки рудного концентрата россыпью Совгаванского района применительно к условиям завода «Амурсталь». Экономические расчеты показали возможности рентабельности такой металлургической переработки и обеспечения завода феррованадием для увеличения выпуска легированных сталей [11]. В отечественной практике имеется достаточно разработок по рациональному использованию такого типа руд [8, 10—12]. Существует несколько способов рациональной переработки титаномагнетитовых песков Дальнего Востока, и это обстоятельство значительно повышает их экономическую значимость. Необходимо продолжить исследования по подводной добыче твердых полезных ископаемых, обогащению и металлургической переработке. Выполнены технико-экономические расчеты для Ручарского и Халактырского месторождений, показывающие, что их разработка целесообразна.

**Континентальные россыпи титановорудного сырья** на Дальнем Востоке перспективны, но изучены крайне мало. Исследованиями сотрудников ВИМСа выделена верхнемеловая—палеогеновая титаносодержащая формация [12]. Минеральный состав тяжелой фракции из продуктивных пород характеризуется преобладанием устойчивых минералов, среди которых главная роль принадлежит ильмениту, циркону, лейкоксену и рутилу. В пределах Амуро-Зейской впадины возможно обнаружение проявлений погребенных древних континентальных и морских россыпей. В пределах площадей распространения коренных проявлений титана, упомянутых выше, выявлены современные аллювиальные россыпи ильменита и титаномагнетита, образовавшиеся за счет продуктов физического разрушения руд и пород. Наибольшая — Маймаканская ильменит-титаномагнетитовая россыпь в Джугджурском рудном районе. Ее протяженность около 10 км при ширине до 300 м и мощности песков 3 м. Содержание ильменита составляет 50—100 кг/м<sup>3</sup>. Титановые минералы иногда в значительных количествах присутствуют в тяжелой фракции песков золотоносных россыпей и являются объектом попутной добычи. Прогнозные ресурсы для наиболее значимых континентальных россыпей оценены в 250 тыс. т  $TiO_2$ .

Проблема обеспечения промышленности титановым сырьем имела и до распада СССР, когда страна занимала одно из ведущих мест по запасам

и ресурсам титана, первое место в мире по производству титана и его сплавов, но заметно отставала по качественным показателям сырья для производства и потребления титановых пигментов. В настоящее время проблема для России значительно обострилась. Дефицит титанового сырья составляет более 50% [5], его, вероятно, можно покрыть экспортом. Ведь в мире выявлены более 300 месторождений титановых минералов; подтвержденные запасы титана, разведанные в 20 странах (без России), к середине 90-х гг. XX в. составляли более 600 млн. т, а уровень сегодняшней мировой добычи титановых минералов и ее прогнозируемый рост обеспечены промышленными запасами на длительную перспективу (более 100 лет) [5]. Потребность в титановом минеральном сырье, если исходить из уровня потребления концентрата на душу населения в развитых странах, равном 4—4,5 кг [1], в России определяется в 600—675 тыс. т  $TiO_2$  в концентратах. Пока этот показатель недостижим. Экспорт дефицитной части титанового сырья дорог. Одно из решений проблемы — быстрее вовлечение в эксплуатацию разведанных в России россыпных ильменит-цирконовых месторождений, большей частью погребенных.

Учитывая дефицит титанового сырья в стране и на Дальнем Востоке, складывается благоприятная ситуация в пользу наращивания геологоразведочных работ на титановое сырье и возможности преодоления технологических трудностей в освоении дальневосточного титанового сырья. Но возможность освоения ресурсов титанового сырья Дальневосточного региона связана с рядом экономических проблем.

Во-первых, освоение ресурсов титана требует создания наиболее сложных, дорогостоящих и электроемких производств. Доля энергетических затрат составляет до 58%. Этого нет в Дальневосточном регионе. Другим важным вопросом является значительная стоимость освоения сырья. Вследствие пионерного значения горных производств в восточных районах страны не может быть применено типовое проектирование или среднеотраслевые показатели. Для сравнения можно привести данные о стоимости строительства Удоканского комбината (в составе горно-обогатительного и металлургического производств) — 5 млрд. руб. (в ценах 1986 г.). Только создание промышленной и социальной инфраструктур составляет около 2 млрд. руб. [4]. Существенны требования, следовательно, и затраты по охране природы, соблюдению санитарно-гигиенических норм по выбросу вредных отходов в воздушный бассейн, сбросу жидких отходов в открытые водоемы.

Освоение месторождений требует в условиях Дальнего Востока решения важнейшей проблемы — привлечения и закрепления трудовых ресурсов (в то время, как реально наблюдается устойчивый и достаточно ощутимый отток наиболее квалифицированного населения почти из всех краев и областей Дальнего Востока). Для этого необходимо опережающее строительство объектов инфраструктуры, создание более высокого, чем в центральной части страны, уровня жизни и подготовка специалистов со средним и высшим образованием. Но ре-

альные условия таковы: почти полностью отсутствуют условия для создания даже нормальной инфраструктуры, уровень и качество жизни одни из наиболее низких в стране. Районное удорожание работ составляет не менее 200%. Общий уровень хозяйственного развития Дальнего Востока низкий, хотя здесь производились до середины 80-х гг. XX в. около 4% валового общественного продукта и 3% национального дохода [4].

Отрицательный фактор для освоения минерального сырья на Дальнем Востоке — неудовлетворительные геологическая и геофизическая изученности территории. Потенциальные ресурсы сырья в несколько раз превышают разведанные, и разведка часто остановлена на уровне выявления рудопроявлений и грубого оконтуривания границ рудоносных провинций, отсутствует крупномасштабная

съемка и т.д. Геологическая информация ограничена и недостаточна для нормального планирования хозяйственного развития.

В перспективе можно рассматривать использование титанового сырья Дальнего Востока только для внутренних потребностей страны. Титановорудное сырье — это ресурсы будущего. Закономерно было бы планомерно, на основе долгосрочного проекта вкладывать посильные средства на дальнейшее изучение объектов, учитывая, что инфраструктура территории будет развиваться в результате разработки и использования находящихся сейчас спрос других сырьевых ресурсов, прежде всего коренного золота, леса, биоресурсов. Содействовать более скорому освоению титановых ресурсов могло бы соглашение с мировыми производителями титановосырьевой продукции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Быховский Л.З., Зубков Л.Б. Стратегия развития и освоения минерально-сырьевой базы титана // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 1995. №5.
2. Васильчиков Н.В., Павлидис Ю.А., Словинский С.И. и др. О ванадиевых титаномагнетитовых прибрежных россыпях Дальнего Востока // Океанология. Т. VI. В. 5. 1966.
3. Геология СССР. Т. 19. Хабаровский край и Амурская область. Полезные ископаемые. М.: Недра, 1976.
4. Дальний Восток России: экономическое обозрение / Под ред. П.А. Минакира. Хабаровск: РИОТИП, 1995.
5. Конъюнктура мировых рынков минерального сырья. М., 2000.
6. Кутюлин В.А., Прусевич А.А. Геологические предпосылки для поисков титаномагнетитовых россыпей Татарского пролива. Новосибирск: Институт геологии и геофизики СО АН СССР, 1984.
7. Минеральное сырье. Титан. Справочник. М.: Геоинформмарк, 1997.
8. Панских Е.А. Апатит-ильменит-магнетитовые руды Джугджурского рудного района // Геология и рудоносность метаморфических комплексов Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979.
9. Панских Е.А., Суханов М.К. Геологическое строение, петрология и рудоносность анортозитовых массивов Дальнего Востока СССР // Петрология и рудоносность природных ассоциаций горных пород. М.: Наука, 1982.
10. Панских Е.А. Геология и минерагения автономных анортозитовых ассоциаций Восточно-Азиатского пояса // Геология и минерагения анортозитовых ассоциаций. Владивосток: ДВО АН СССР, 1987.
11. Резниченко В.А., Устинов В.С., Карязин И.А., Петрунько А.Н. Электрометаллургия и химия титана. М.: Наука, 1982.
12. Россыпные месторождения титана СССР. М.: Недра, 1976.
13. Секисов Г.В., Жуков А.В., Папулов В.И. и др. Проблемы комплексного использования титаномагнетитового сырья и целесообразности строительства химико-металлургического комбината на Дальнем Востоке // Научный доклад.

Институт горного дела ДВО РАН  
Рецензент — П.Д. Яковлев

УДК 550. 84

Ч.А. БАССЕКА, А.И. РЫЧКОВ, А.А. МАТВЕЕВ

### ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГИПЕРГЕННОГО ПОЛЯ РАССЕЙНИЯ РАЙОНА ЛОМИЕ — НГОЙЛА — МАНГ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДИКИ МЕЛКОМАСШТАБНОГО ОБОБЩЕНИЯ ЛИТОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Приведены первые результаты оценки прогнозных ресурсов никеля по результатам изучения потоков рассеяния масштаба 1 : 200000.

Геохимическая характеристика гипергенного поля рассеяния базируется на результатах анализа данных геохимических съемок в районе Ломие — Нгойла — Манг на юго-востоке Камеруна. Цель исследования — определение рудоносности выявленных здесь докембрийских ультрабазитов. Ультраос-

новные породы района представлены преимущественно серпентинитами, имеющими форму линз (рис. 1), с реликтами пироксенитов и дунитов. На участках выклинивания последних с серпентинитами часто ассоциируют тальковые породы. Среди серпентинитов установлены тела, возможно, более