

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ИМ. Н.М. ФЕДОРОВСКОГО (ФГУП ВИМС)

«МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ»

СЕРИЯ ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ

№ 17

Л.П. Тигунов, Л.З. Быховский, Л.Б. Зубков

**ТИТАНОВЫЕ РУДЫ РОССИИ:
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ**

Москва, 2005

Л.П.Тигунов, Л.З. Быховский, Л.Б.Зубков. Титановые руды России: состояние и перспективы освоения / «Минеральное сырье». Серия геолого-экономическая, № 17, М.: Изд-во ВИМС, 2005, 104 с.

Проведен анализ состояния и перспектив освоения минерально-сырьевой базы титана России на фоне мировых ресурсов, достижений в производстве и потреблении титановых концентратов и продуктов их переработки.

Сегодня отечественная промышленность находится в полной зависимости от импорта титановых концентратов и титановых пигментов. Состояние МСБ титана России несмотря на крупные запасы, числящиеся на Государственном балансе, нельзя считать удовлетворительным. Запасы большинства месторождений в современных условиях не могут быть рентабельно отработаны и почти все требуют доизучения геолого-экономической переоценки. Конкурентоспособность МСБ титана может быть повышена за счет освоения наиболее экономически эффективных месторождений также использования высоких технологий при разведке, добыче и переработке минерального сырья и его комплексного использования.

Для обеспечения сырьем существующих мощностей по выпуску титановых губки, металла и сплавов и организации промышленности по производству титановых пигментов в России необходимо создание рудной базы титана с активными запасами способными обеспечить добычу не менее 300 тыс. т в год диоксида титана концентрате к 2010 г. с перспективой увеличения до 600 тыс. т в год и более. Для этих целей и промышленное освоение рекомендуется ввести более 10 месторождений титановых руд.

Редактор И.Н.Дмитриева

Журнал "Минеральное сырье" зарегистрирован
Госкомитетом РФ по печати 20.01.98 г. Рег. № 017140.
Учредитель: Всероссийский научно-исследовательский
институт минерального сырья (ВИМС).

Главный редактор Г.А. Машковцев
Адрес редакции: Москва, Старомонетный пер., 31
Тел. (095) 950-35-64, 950-35-70

Редакционно-издательский центр (РИЦ) ВИМС.
ЛР № 021338 от 30.04.1999 г.
Подписано в печать 25.05.2005 г.
Тираж 300 экз.

© РИЦ ВИМС, 2005 г.

FEDERAL STATE UNITARY ENTERPRISE
ALL-RUSSIAN SCIENTIFIC-RESEARCH INSTITUTE OF MINERAL RESOURCES
named after N.M. Fedorovsky

Tigunov L.P., Bykhovsky L.Z., Zubkov L.B.

TITANIUM ORES OF RUSSIA: STATE AND PERSPECTIVES OF EXPLOITATION

Moscow, 2005

1	2	3	4	5
4. Экзогенные	4.1. Элювиальные коры выветривания габброидных пород	4.1.1. Ильменитоносные каолиновые глины с апатитом	-	Стремительское, Торчинское (Украина)
		4.1.2. Ильменитоносные глинистые породы	Мадагаскарское	Лемненское (Украина)
	4.2. Элювиальные коры выветривания щелочных пород	4.2.1. Зоны окисления с анатазом	-	Тапира (Бразилия)
	4.3. Континентальные аллювиальные и склоновые россыпи ближнего сноса	4.3.1. Ильменитоносные кварцевые пески	Айское, Ариадненское, Катэнское	Иршинское (Украина)
	4.4. Прибрежно-морские россыпи			Сатпаевское (Казахстан)
	4.4.1. Древние, погребенные россыпи дальнего переноса	4.4.1.1. Циркон-рутил-ильменитовые (глинисто-) кварцевые (кварц-полевошпатовые) пески	Центральное, Лукояновское, Бешпагирское, Туганское, Тарское и др.	Малышевское (Украина)
	4.4.2. Современные россыпи ближнего сноса	4.4.2.1. Титаномагнетитосодержащие кварцевые пески	Халактырское, Ручарское и др.	Россыпи Новой Зеландии, др. стран

3. МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА ТИТАНА ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН. ПРОИЗВОДСТВО, ПОТРЕБЛЕНИЕ И МИРОВЫЕ ЦЕНЫ

Ресурсы титана – ильменита, лейкоксена, рутила(+анатаза) – выявлены в 48 странах мира и составляют 1,2 млрд. т TiO_2 . Подтвержденные запасы TiO_2 в зарубежных странах (без России) составляют около 760 млн. т, из них 630 млн. т (83%) приходится на долю ильменита и ~130 млн. т (17%) – на долю рутила и анатаза [1].

Запасы титана заключены в основном в месторождениях трех промышленных групп: древних и современных прибрежно-морских и речных россыпей (55%), в коренных титаномагнетит-ильменитовых, гематит-ильменитовых и т.п. рудах, связанных с массивами габбро и анортозитов (30%), и в рутил-анатазовых корках выветривания карбонатитов (около 20%). Распределение промышленных запасов титана по странам мира показано в табл. 3.1. Запасы ильменита сосредоточены в основном в КНР, СНГ, Норвегии, ЮАР, Австралии, Канаде, Индии, Мадагаскаре, США, запасы рутила – в Австралии, ЮАР, Индии и Сьерра-Леоне, анатаза – в Бразилии.

Таблица 3.1

Распределение промышленных запасов титана по странам мира

Страны	Распределение, отн. %		
	ильменит	рутил	анатаз
Австралия	3	24	-
Канада	9	6	-
ЮАР	10	18	-
КНР	26	1	-
Норвегия	15	-	-
Страны СНГ	25	-	-
Индия	7	15	-
Италия	-	21	-
Сьерра-Леоне	-	9	-
США	2	5	-
Финляндия	1	-	-
Ганнабия	1	-	-
Шри-Ланка	-	1	-
Бразилия	-	-	100
Итого:	100	100	100

Эксплуатируются главным образом современные прибрежно-морские россыпи Австралии, Индии, ЮАР и только три коренных месторождения титаномагнетит-ильменитовых руд: Аллард-Лейк (Лак-Тю) в Канаде (сод. TiO_2 ~30%), Геллес в Норвегии (сод. TiO_2 ~18%) и Панчджихуа в Китае (сод. TiO_2 ~10%).

Горным бюро США подсчитано, что при современных темпах добычи титана из недр запасов ильменита хватит на 150 лет, рутила - на 80 лет; зильского анатаза - на 300 лет.

Мировой объем производства ильменитовых концентратов (в пересчете на TiO_2 ~54%) оценивается по состоянию на 2002 г. - в 8 млн. т/год. Основные страны-производители (с TiO_2 ~94%) - 0,4 млн. т/год. Основные страны-производители ильменитового концентрата - Австралия, Индия и ЮАР, титаномагнетитового - Канада и КНР, рутилового - Австралия, ЮАР и Сьерра-Леоне.

Основными видами конечной титановой продукции являются пигментный диоксид титана и титановая губка. Последняя служит для получения титанового титана и его сплавов. Мировое производство пигментного диоксида титана составляет 2,9-4 млн. т, титановой губки - до 50 тыс. т/год (без стран СНГ). Остальные виды титановой продукции представляют собой промежуточные полупродукты (титановые шлаки, синтетический рутил, тетрахлорид титана) и природные концентраты (ильменитовый, рутиловый, лейкоксеновый). На мировом рынке реализуются все виды титановой продукции.

Производство пигментного диоксида титана поглощает более 95% в мировом объеме титанового сырья - в основном ильменитовых, в меньшей мере лейкоксеновых и рутиловых концентратов. Спрос на пигментный диоксид титана зависит от состояния мировой экономики, объемов жилищного строительства, производства автомобилей, пассажирских судов, самолетов, красителей и других потребительских товаров. В 1990-2000 гг. мировое производство пигментного TiO_2 составляло 2,9-4,0 млн. тонн в год: в 1991 г. оно достигло 3,5 млн. т/год, в 1992-1994 гг. уменьшилось до 2,9 млн. т/год в связи с падением экономики ведущих стран мира, а в 1995-2000 гг. возросло до 4,0 млн. т/год. Несмотря на некоторое понижение спроса отмечался рост производства титанового пигмента в последние годы.

В 2001-2003 гг. ситуация с производством, потреблением, ценами на экспорт, импортом концентратов титана и других видов его продукции существенно изменились: в 2001-2003 гг. мировой спрос на титановые минеральные концентраты удовлетворялся примерно на 90%, в основном за счет поставок ильменита.

Мировой рынок титанового сырья по данным "Industrial Minerals" за последнее время характеризуется избытком поставок, который по данным "Minerals International Pty Ltd" ("TZMI") в 2002 г. составил 86 тыс. т. При этом в мире имеется ряд проектов строительства новых предприятий на месторождениях титаносодержащего песка. К 2005 г. планировалось осуществление проекта в этой сфере (включая расширение действующих предприятий). Дополнительные годовые мощности по выпуску ильменита должны были составить 3,7 млн. т, рутила - 0,38 млн. т и титаносодержащего шлака - 1,6 млн. т. Ввод новых мощностей усугубит проблему избыточного предложения титанового сырья, как ожидается, сохранится до 2006 г. В дальнейшем ввиду того,

исчерпания из действующих рудников истощатся запасы сырья, усилятся тенденции к олигополизации рынка.

В производстве и экспорте титанового сырья лидируют Австралия, Канада и ЮАР. Крупными его продуцентами являются также Украина, Индия и Норвегия. Мировое производство ильменита и лейкоксена в пересчете на TiO_2 составило в 2002 г. 4,77 млн. т и распределялось следующим образом (%): Австралия - 46, Норвегия - 13, Украина - 12, Индия - 8, Китай - 4, прочие страны - 9. Мировое производство рутилового сырья составило 417 тыс. т, в том числе 57% было добыто в Австралии, в Норвегии - 24%, на Украине - 14%. Титаносодержащий шлак производился в Австралии (44%) и Канаде (46%); его суммарный выпуск составил 2,07 млн. т.

На мировом рынке титанового сырья доминируют несколько компаний, в первую очередь "Rio Tinto Group" (ее доля в мировом производстве в 2002 г. составила около 25%) и "Pluka Resources Ltd". В последнее время в Австралии наблюдается консолидация промышленности, добывающей титановое сырье. Основные разработки в Австралии концентрируются на месторождении Вилли, где действует компания "Pluka", один из крупнейших производителей титанового сырья и поставщиков на рынок ильменита, лейкоксена и синтетического рутила. Кроме того, "Pluka" владеет предприятием в шт. Флорида («сухой» рудник и дражное предприятие) и предприятием в шт. Аризона («сухой» рудник и сепараторный завод).

В Австралии крупные продуценты титановых минералов и титаносодержащих концентратов - это компании "Richards Bay Minerals" ("RBM") и "Namakwa Sands Ltd". "RBM" принадлежит горнодобывающим гигантам "Rio Tinto" и "BHP". "RBM" входит в число ведущих в мире поставщиков титанового сырья. Месторождения расположены вблизи г. Ричардс-Бей в провинции Натал; к ним относится дражное предприятие на месторождении минеральных песков "RBM" и ильменитовый завод. "RBM" считается наиболее рентабельной компанией по производству сырья в стране.

"Namakwa Sands" входит в состав корпорации "Anglo American Corp.". Это предприятие имеет рудник с заводом по обогащению и получению концентратов, а также является самостоятельным предприятием, выпускающим ильменит и рутил. В год оно добывает 16 млн. т руды в год по выпуску концентратов, и завод по производству титаносодержащих шлаков и чугуна.

В США наряду с компанией "Pluka" ряд других продуцентов пигментов титана являются предприятиями по производству титанового сырья: например, компания "Kent McGee" на свой крупный пигментный завод в г. Гамильтон (шт. Алабама) поставляет сырье с принадлежащего ей предприятия по производству синтетического рутила, расположенного в г. Мобил (шт. Алабама). В Канаде, в провинции Квебек, базируется дочерняя фирма компании "QIT-Fer et Titane", являющаяся мировым лидером по производству титаносодержащего шлака. Она имеет рудник в Лак-Тю (пров. Квебек), с которого руда после измельчения отгружается в Гавр-Сент-Пьер и отправляется на металлургический комбинат в Сорел-Треси, где про-

изводятся диоксид титана, чугун и сталь. Комбинат перерабатывает около 1 млн. т гематит-ильменитовой руды в год.

Два основных шлаковых предприятия компании "QIT" – "Sorelslag" и "UGS" отгружают продукцию главным образом на американский и европейский рынки. "Sorelslag" выпускает шлаки с содержанием 80% TiO_2 и продает их производителям пигментов, использующим сульфатную технологию производства. Шлаки с предприятия "UGS" являются более высококачественным продуктом (94,5% TiO_2) и поставляют его производителям пигментов, использующим хлоридный метод. Годовая мощность завода "UGS" 600 тыс. т.

Индия в 40-е гг. была одним из крупнейших в мире производителей ильменита, на нее приходилось около 70% мирового производства этого минерала, в настоящее время ее доля снизилась до 8%. В стране продолжают разрабатываться месторождения рудных песков.

Государственная компания "Indian Rare Earths Ltd" ("IRE") является крупнейшим производителем титановых минералов в Индии. Она эксплуатирует три ильменитовых месторождения: комплексы в штатах Керала годовой мощностью 140 тыс. т ильменита (производит также продукты сорта "ML" Тамилнад мощностью 90 тыс. т ильменита в год (продукты сорта "OR"). Орисса мощностью 220 тыс. т ильменита в год (продукты сорта "OR").

"IRE" наряду с ильменитом выпускает природный рутил и в небольшом количестве – лейкоксен. Продукция компании экспортируется в Северную Америку, Восточную Европу и Восточную Азию.

"IRE" имеет 26% акций завода по производству синтетического рутила "Orissa Sands Complex" ("OSCOM") в шт. Орисса – (по 37% у австралийской "Austpac Resources NL" и "Ticor Ltd").

На индийском рынке минеральных песков действует частная фирма "Minerals" ("VVM"). Ее предприятия расположены в шт. Тамилнад, где фирма владеет или имеет контроль над 20 ильменитовыми месторождениями. В настоящее время "VVM" производит ильменит сульфатного сорта и имеет предприятие по выпуску ильменита с более высоким содержанием TiO_2 .

Рутил и ильменит производят также фирмы "Karela Minerals" и "Titanium Ltd", которые планируют расширить мощности по выпуску синтетического рутила с 30 до 130 тыс. т в год.

Европа не располагает большим числом месторождений титановых минералов, но имеет несколько крупных предприятий по производству титанового сырья. Дочерняя компания фирмы "Kronos Inc." – "Titania A/S" владеет ильменитовым рудником в Норвегии производительностью 800 тыс. т. "Titania A/S" поставляет часть добываемого ильменита на предприятие "Kronos Titania A/S" в г. Фридрихштадт для производства титановых пигментов.

Другая норвежская компания – "Tinfos Titan & Iron KS", владеющая несколькими предприятиями на западном побережье Норвегии, производит титановый шлак, используемый в основном для выпуска титановых пигментов в странах Европы.

В настоящее время действующим для производителя титанового сырья – Иршанский завод "Национальный государственный горнодобывающий и металлургический завод". Производительность ГОКа по пескам 4,0-4,2 млн. т.

Производитель пигментов "Millennium Chemicals" имеет рудник и перерабатывающий завод, продукция которых используется в качестве сырья на пигментных заводах компании. На северо-восточном побережье Шри-Ланки фирма "Lanka Minerals Sand Co" владеет предприятием по переработке рудных песков. Обобщенные данные о мировом производстве титановых концентратов в начале XXI в. приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Страна	Производство титановых концентратов	
	2001 г.	2002 г.
	(тыс. т, по содержанию TiO_2 100%)	
Индия	5000	4900
США	4600	4500
Канада	1150	1100
Австралия	950	950
Норвегия	960	950
Япония	338	350
Франция	232	250
Италия	252	250
Германия	391	390
Бразилия	410	400
Южная Африка	225	220
Испания	110	105
Израиль	56	56
Италия	16	15
Итого	4	4

Оценка. Источник: Материалы Геологической службы США.

В начале XXI в. производство и потребление диоксида титана в мире. Титановые концентраты потребляются в основном для производства диоксида титана (на 90-95%), лишь небольшое их количество (~5-10%) используется для выпуска металлического титана и его соединений.

В 2001 г. наблюдалась неблагоприятная ситуация в производстве диоксида титана, однако, как сообщает "Chemical Market Reporter", в настоящее время ситуация улучшается. Цены на диоксид титана в долгосрочной перспективе будут зависеть от сбалансированности рынка этого товара. В последние годы, по данным Геологической службы США, характеризовался следующими показателями (табл. 3.3).

Таблица 3.4
Основные показатели рынка титановых пигментов на начало XXI века (тыс. т)

	2000 г.	2001 г.	2002 г. ¹⁾
Производство	1400	1330	1380
Видимое потребление	1150	1100	1160
Импорт	218	209	220
Экспорт	467	415	420
Запасы продуцентов ²⁾	141	159	130

¹⁾ Оценка

²⁾ На конец года

Мировой спрос на TiO_2 в 2002 г. вырос на 6,6%, при этом в США увеличился на 2%, в Европе – на 9%, а в Азии – более чем на 10%. В значительной степени рост был вызван увеличением закупок для пополнения складских запасов после того, как в 2001 г. они сократились на 6%, а спрос в 2000-2001 гг. оставался стабильным. Ожидалось, что в 2003 г. спрос на оксид титана на мировом рынке повысится на 3,3%. По прогнозу, в 2006 гг. среднегодовые темпы прироста спроса составят около 2%, или, меньшей мере на 7,5 тыс. т, что за четыре года даст суммарный прирост 30 тыс. т (табл. 3.4).

Таблица 3.5

Прогноз роста мирового спроса на диоксид титана

	2001 г.	2002 г.	2003 г.
	(% к предыдущему году)		
Всего	-5,6	6,6	3,3
Сев. Америка	-4,1	2,5	2,0
Центр. и Южн. Америка	-8,0	-11,0	3,0
Зап. Европа	-9,4	9,0	3,0
Вост. Европа, Ближн. Восток и Африка	-1,3	9,0	3,0
АТР	-4,0	12,0	5,0
Япония	-5,3	-5,0	1,0
Китай	1,3	20,0	8,0

Около 95% выпускаемого в мире диоксида титана потребляется производителями пигментов. На сферу, связанную с нанесением покрытий, приходится 57% мирового потребления TiO_2 , или 2,2 млн. т, которые распределяются следующим образом: производство строительных и декоративных красок – 38%, промышленные покрытия – 19%. На производство пластмасс приходится 21% мирового потребления TiO_2 , целлюлозно-бумажную промышленность – 14%, прочие отрасли – 8%.

Как отмечают эксперты "Roskill", в 90-е гг. наибольшие темпы прироста мирового спроса на диоксид титана отмечались со стороны производителей пластмасс (в среднем 5-6% в год), которые используют его в пигментах ультрафиолетовых стабилизаторов для полиэтилена, полипропилена и винилхлорида. Ожидается, что до 2007 г. производство пластмасс остается наиболее быстро расширяющейся сферой потребления TiO_2 , хотя

спрос в ней снизится в среднем до 2,9% в год. Наибольший рост будет отмечаться в странах АТР, где и в последние годы отмечался высокий спрос на этот материал.

В целлюлозно-бумажной промышленности в долгосрочной перспективе титановые пигменты могут столкнуться с возрастающей конкуренцией со стороны более дешевых альтернативных материалов, в частности, молотого и карбоната кальция. Более благоприятные перспективы у диоксида титана, по мнению экспертов "Roskill", имеются в производстве красок.

Неоднородное распределение потребления пигментного TiO_2 характеризуется следующими данными (%): Северная Америка – 33, Западная Европа – 24, Азия – 24, прочие страны – 12. Быстро расширяется китайский рынок. Возможно, это крупнейший рынок в Азии: потребление здесь до 2002 г. росло вдвое – с 0,2 млн. т до 0,4 млн. т, из которых 0,3 млн. т были импортированы в страну. Ожидается, что в 2003 г. спрос на TiO_2 в Китае повысится.

В результате наблюдавшейся в последние пять лет консолидации и реструктуризации промышленности 76% мировых производственных мощностей титановых пигментов сосредоточились в руках пяти компаний, находящихся в США. В их число входят "DuPont" (24% продаж), "Chemicals" (15%), "Huntsman Tioxide" (13%), "Kerr-McGee" (11%) и "Kronos Inc." (11%). По данным Геологической службы США, структура действующих мировых мощностей по производству титановых пигментов была следующей (табл. 3.5).

Таблица 3.5

Мировые мощности по производству пигмента TiO_2 по состоянию на начало XXI века (тыс. т)

	2001 г.	2002 г.
Всего	4300	4500
США	1540	1570
Франция	360	411
Япония	322	346
Великобритания	304	335
Германия	238	225
Австралия	189	213
Индонезия	100	120
Мексика	120	120
Украина	120	120
Китай	45	100
Италия	70	100
Южная Корея	75	81
Испания	80	80
Индия	65	65
Израиль	20	20
Италия*	1	1
Прочие страны	632	618

* Болградский завод (низкосортный пигмент)

Цены на титановую губку и на продукты из нее диктуют два рынка: авиакосмический и гражданский: первый из них оказывает на цены большее давление. Трагедия 11 сентября сильно ударила по закупкам самолетов и ответственно по рынку титана. Поэтому в начале XXI в. начался глубокий кризис в титановой подотрасли. Все производители и потребители теряли от 10 до 40% своего бизнеса. Цены упали в среднем на 10-15% отдельным видам титановой продукции даже на 20%. Меньше других страдала Япония, у которой авиация занимает всего 10% потребления титана, а 90% попадает на гражданские сферы применения (архитектура, химическое машиностроение и др.).

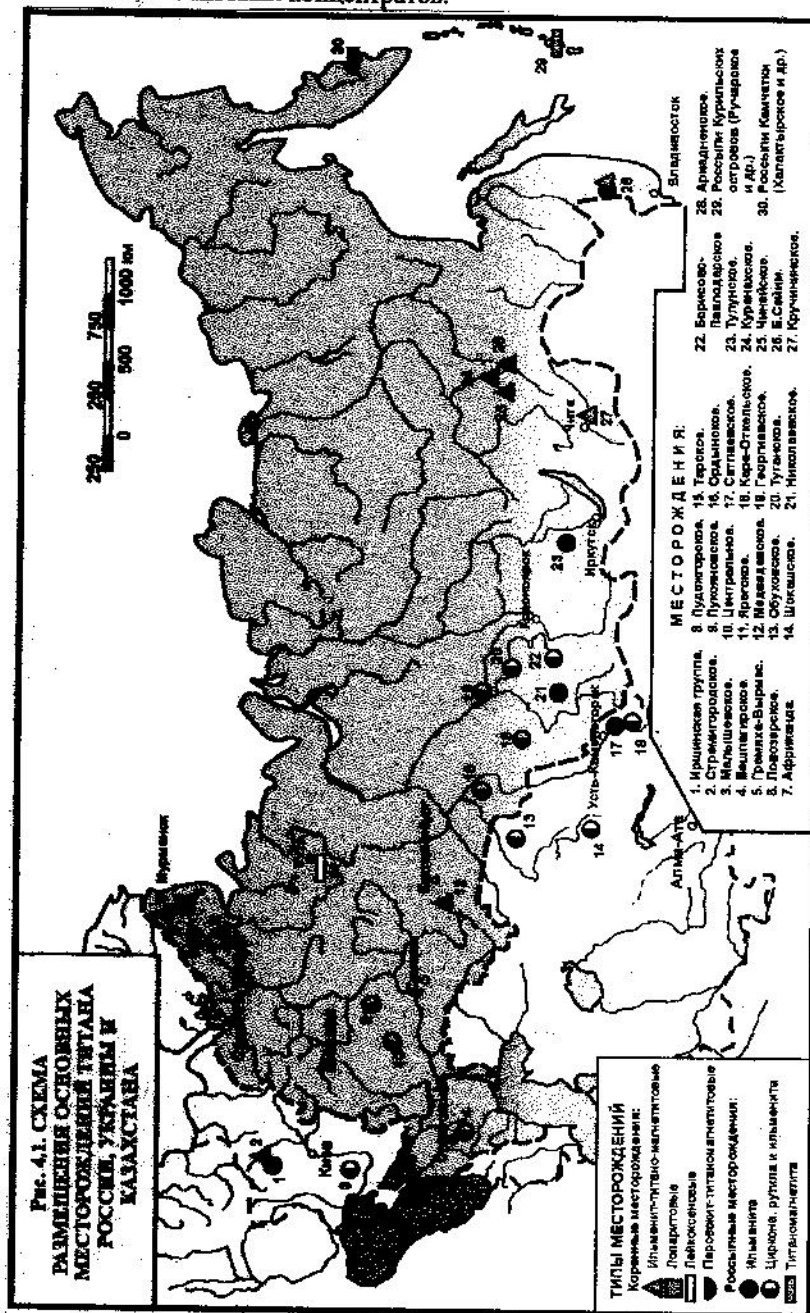
Российская компания "ВСМПО АВИСМА" после 11 сентября потеряла всего 0,3%. В реализации титана в 90-х гг. была велика экспортная составляющая – около 70%, затем экспорт снизился до 58-56%, так как начинала оживать российская промышленность. В первую очередь выросло внутреннее потребление титана в авиации, связанной с экспортом военной техники. Оживилось и производство гражданских самолетов. Растет потребление титана в двигателестроении, потому что оно обслуживает не только самолеты, которые экспортируются, но и те, которые строятся для внутреннего рынка. Оживляет потребление титана в энергетике [47].

Устойчивое положение "ВСМПО АВИСМА" объясняется диверсификацией – структурным сдвигом в производстве в сторону расширения номенклатуры продукции и углубления степени переработки и оптимизацией соотношения "качество-цена", которое более предпочтительно для заказчика по сравнению с другими поставщиками. Это позволяет отвоевывать определенные сегменты рынка у конкурентов, особенно в области производства продукции глубокой степени переработки (например, уникальных штампов для шасси Boeing-777 или Airbus A-380, листов для суперпластической формации, прутков для лопаток авиационных двигателей и т. д.). Однако рассчитывать на американском рынке титана России пока не удастся: США не отдает России поставки для военного производства, это запрещено законом. Поправка Берри предусматривает, что металл для продукции военного авиакосмоса должен выплавляться только в США, а рынок гражданских самолетов может потреблять российский титан. Сегодня Россия – поставщик только для двух компаний Boeing. Первый контракт был подписан в 1998 г. У России есть многолетний контракт с Airbus, и для него наша страна – поставщик номер один. Россия является основным поставщиком титановых штампов для крупнейшей компании Goodrich, титановых прутков для лопаток компрессоров для компании General Electric и др.

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА И ПРОИЗВОДСТВО ТИТАНА В СНГ

Минеральные Государственным балансом коренные месторождения титана характеризуются в целом невысоким содержанием диоксида титана (7-10%) по сравнению с апатитовыми (18-35%) ряда зарубежных месторождений. Россыпи комплексного состава имеют худшие географические, горнотехнические условия разработки (большая вскрыша) и технологические свойства рудных песков (глинистость, тонкозернистость), но по уровню концентрации рудных минералов близки к мировым. Основные месторождения титана стран СНГ показаны на рис 4.1. По состоянию на 01.01.1991 г. на территории СНГ около половины запасов (53,9%) было связано с коренными месторождениями апатитовых (26,5%), ильменит-титаномagnetитовых (19,4%), апатитовых (4,7%), титаномagnetитовых (1,9%) и лопаритовых (1,49%) руд. 44,8% запасов учтено в россыпных месторождениях, представленных кварцевыми песчаниками (28,6%), комплексными циркон-рутил-ильменитовыми (8,3%) и ильменитовыми (4%) песками, а также ильменитовыми (0,9%). Остальные запасы титана (4,3%) представлены ильменитовыми и ильменитовыми рудами в корях выветривания [7]. Россия обладает крупнейшими запасами титана среди стран СНГ (с 31,4% приходится на россыпные месторождения (с 1,4% запасов кат. А+В+С₁+С₂, заключенных в коренных месторождениях Иргеского месторождения) и 24,7% – на коренные. Эксплуатируется 1,4% запасов кат. А+В+С₁+С₂, заключенных в коренных месторождениях лопаритовых и апатитовых руд, в которых титан является попутным компонентом. При обогащении лопаритовых руд титан извлекается в лопаритовый концентрат, из которого при дальнейшей химико-металлургической переработке выделяется попутно в виде тетраоксида титана. Ежегодное производство не превышало 8 тыс. т диоксида титана. Из апатитовых руд титан в настоящее время почти не извлекается. В Украине сосредоточено 40,2% запасов титана, из них 26,5% приходится на коренные месторождения, 9,4% – на россыпные и 4,3% – на коры выветривания. В эксплуатации находятся 24,2% запасов титана кат. А+В+С₁+С₂, в том числе 21,7% россыпных месторождений и 0,5% – кор выветривания. Казахстан обладает небольшими запасами (1%) и все они связаны с россыпными месторождениями: начаты опытно-промышленные работы на россыпных месторождениях Обуховском, Шокашском и Сатпаевском [18]. СССР по производству титановых концентратов занимал пятое место в мире после Австралии, Канады, ЮАР, Норвегии, а по потреблению – второе место после США [7]. По производству и потреблению титановых пигментов СССР значительно отставал от развитых стран, по производству металлического титана и его сплавов занимал первое место в мире. В конце 90-х гг. объем промышленного производства титана и его сплавов в нашей стране превышал общий уровень их производства всего остального мира –

США, Японии, Германии, Франции и КНР: в этих целях использовалось около 60% идиоминитовых концентратов.



СССР потребности в титановой губке почти полностью удовлетворя-
ет за счет поставок ильменитовых концентратов Малышевского местос-
копления, разрабатываемого Верхне-Днепровским горно-металлурги-
ческим комбинатом (ВДГМК, ныне Вольногорский ГМК), проектная
мощность которого по добыче и переработке рудных песков составляла
1,5 млн м³ в год, и частично за счет ильменитовых концентратов, постав-
ляемых Иршанским ГОКом.

Тышевское (Самотканское) месторождение обрабатывается с 1965 г. На нем выделены три участка – Западный, Центральный и Восточный. Западный участок, разбитый на шесть карьерных полей, отработан на 1, 2 и 3 были полностью отработаны к середине 70-х гг., руды в полях 4, 5 и 6 полностью погашены к 1990 г.). В эксплуатации находится поле 7, приуроченный к Центральному участку.

Основные горно-геологические характеристики карьеров ВГМК приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Горно-геологические характеристики карьеров ВГМК

Ср. мощность пласта, м	Ср. мощность вскрыши, м	Содержание минералов, кг/м ³		
		ильменит	рутил	циркон
13,3	38	55,7	20,7	12,3
14,5	38	47,5	17,3	15,5
11,6	38	39,3	15,4	10,9
11,0	42	41,6	15,2	9,8

Результате эксплуатации наиболее богатые блоки с лучшими горно-техническими условиями отработаны.

Иршанский ГОК с 1951 г. обрабатывал ильменитовые россыпи ближней Иршанской группы (Иршанское, Верхне-Иршанское, Валки-е, Шершневское) и Лемненское месторождение. В первые десятилетия своей деятельности ИрГОК добывал высококачественные пески с высоким ильменитом и низкими содержаниями фосфора, постав-лявшие сырье для производства титановых пигментов. По мере отра-ботки с более качественными рудами их доля в выпуске пигмен-тов снижалась: заводы Украины по производству диоксида титана в ос-татке шли на потребление импортных титановых шлаков. В настоя-щее время запасы высококачественного ильменита в значительной степени истощены, возможности восполнения выбывающих мощностей на базе россыпей Иршанской группы и участков Лемненского месторожде-ния отсутствуют.

Вотском Союзе производство титана характеризовалось высокой кооперации между союзными республиками: добыча и обогащение руд осуществлялись на Украине (Иршанский ГОК и завод титановых шлаков — в России и на Украине, производство

водство лигатур – на Украине и в Таджикистане, производство слитков и деформированных полуфабрикатов – преимущественно в России (главным образом Верхне-Салдинское металлургическое производственное объединение). Титановые пигменты выпускались на двух украинских заводах – в Крыму и Сумском, а производство лакокрасок – на предприятиях Украины, ферротитан производился на Ключевском ферросплавном заводе в России и Актюбинском в Казахстане.

Распад СССР привел к дезинтеграции единого промышленного комплекса по производству титана по трем независимым государствам (Украина, Россия и Казахстан). Они приступили к разработке и реализации национальных программ создания замкнутого производства титана по всему циклу. Одним из элементов программы России – развитие и освоение собственной сырьевой базы, так как в настоящее время отечественная промышленность находится в полной зависимости от импорта титановых концентратов и титановых пигментов.

балансовых и забалансовых) запасов и Россия занимает одно из ведущих мест в мире: запасы титана и руд в недрах РФ оцениваются в сотни миллионов тонн.

на 01.01.2004 г. балансовых и забалансовых запасов титана. Основная часть запасов связана с рудами, которые являются 22 месторождений, из них 17 – с балансовыми запасами. На долю 11 коренных месторождений приходится 97,4% (отн.) балансовых запасов категории А+В+С₁ и 99,7% (отн.) балансовых запасов категории С₂ – 2,6% (отн.).

Таблица 5.1.
Запасы титана, учитываемые Госбалансом РФ на 01.01.2004 г. по типам руд

Кол-во м-ний в баланс. запасами	Ср. сод. TiO ₂ , % - в ру- де, кг/м ³ - в песках	Балансовые запасы TiO ₂ – на 01.01.2004 г.	
		кат. А+В+С ₁	кат. С ₂
		отн. % к запасам РФ	
2	3	4	5
1	10,4%	40,0	66,9
1	3,3%	1,2	1,2
3	7,7%	27,5	11,1
2	8,9%	20,8	9,3
1	1,3%	1,9	1,6
3	1,0%	6,0	9,6
11	-	97,4	99,7
4	21,0 кг/м ³	2,6	0,3

В настоящее время он перерабатывается на Соликамском заводе в Пермской области, где из него получают тетрагидрид титана (около 2 тыс. т/год в расчете на TiO_2), который направляется на Березниковский ТМК «АВИСМА»).

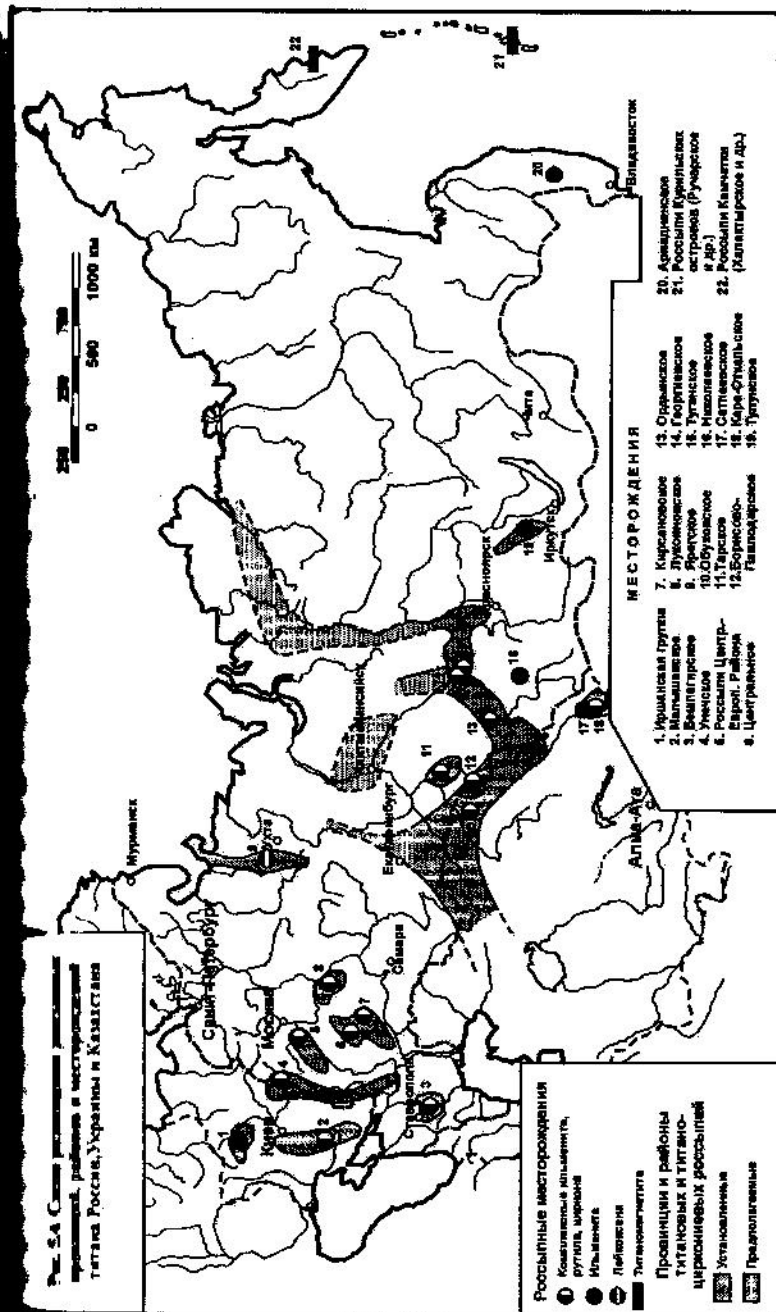
Ильменитовые песчаники Тулунского месторождения в Иркутской области (сод. 3,3% TiO_2) в балансе запасов кат. А+В+С₁ составляют 1,2%, отсутствие эффективной технологии обогащения руд не позволила ввести в эксплуатацию.

Помимо охарактеризованных выше балансовых запасов титана ко многим месторождениям Госбалансом учитываются также и забалансовые запасы двух коренных месторождений – рутиловых руд Шубинского и титано-нетитовых руд Копанского месторождений на Урале. Это бедные месторождения с небольшими запасами титана, не имеющими практического значения.

Прогнозные ресурсы титана России связаны с коренными ильменитами и ильменит-титаномагнетитовыми рудами таких месторождений: Гремяха-Вырмес в Мурманской области (участок Юго-Восточный с 10% TiO_2 в руде 12-13%), Большой Сейим в Амурской области (сод. 10% TiO_2), Ариадненское в Приморском крае (6-8% TiO_2), ильменитовое Мешенское в Красноярском крае (6-15% TiO_2), Витимконское рудное поле в Бурятии. Крупными ресурсами апатит-ильменит-титаномагнетитовых руд характеризуются месторождения Джугджурского анортозитового массива в Хабаровском крае, содержащие 4-8% P_2O_5 , 8-35% TiO_2 . Ряд участков массивов по содержанию ильменита (TiO_2) находится на уровне самых богатых месторождений мира [5, 50]. Все эти месторождения оценены на стадии поисков и нуждаются в детальной разведке, технологических испытаниях и геолого-экономической оценке.

Россыпные месторождения титана выявлены в разных регионах России (рис. 5.4). Установлены две провинции древних прибрежно-морских россыпей. Первая приурочена к Русской платформе и характеризуется разнообразными россыпными формациями от среднего девона до неогена включительно. Вторая находится в пределах Западно-Сибирской плиты и представлена палеогеновой продуктивной формацией. В осадках мезозоя и древних промышленных россыпи пока не обнаружены. На территории к востоку от р. Енисей провинции древних прибрежно-морских россыпей не известны [12, 44, 51, 57].

Именно древние прибрежно-морские россыпи имеют реальные перспективы стать надежной минерально-сырьевой базой титана и циркония. Хотя с ними в балансовых запасах связано лишь 2,6% диоксида титана и диоксида циркония, но в абсолютном исчислении количество запасов металлов достаточно велико и они доступны для быстрого освоения. Сырье же россыпей России оценивается в сотни миллионов тонн TiO_2 и десятки миллионов тонн ZrO_2 [14, 15, 24, 56].



Балансом РФ учтено восемь россыпных месторождений, в том числе пять балансовых – Туганское и Георгиевское в Томской области, Тарское в Омской области (Опытный блок площадью 1 км²), Лукояновское в Нижегородской области и Ариадниенское в Приморском крае. К числу забалансовых отнесено крупнейшее в России месторождение Центральное в Тамбовской области, а также две мелких россыпи ильменита – Николаевская в Кемеровской области и бассейна р. Ай – в Челябинской области.

Освоение россыпей – наиболее перспективное направление в создании надежной минерально-сырьевой базы титана и циркония в России: россыпи обладают благоприятными горно-геологическими условиями вскрытия и разработки карьерами без проведения буровзрывных работ, с применением весьма эффективных методов гидродобычи (в том числе и скважинной гидродобычи – методом СГД), гидротранспорта рудных песков на обогащающую фабрику. Пески россыпей отличаются хорошими технологическими свойствами, обогащаются по сравнительно простым технологическим схемам с получением при высоком извлечении (более 80%) товарных концентратов титана, циркония, различных алюмосиликатов (дистена, ставролита, эпидота и др.), кварцевого песка и т.п. Себестоимость получения их из россыпей ниже, чем из коренных руд.

Сравнительные геологические и технологические данные и технико-экономические расчеты, выполненные во многих организациях (в Гирпроге, ВИМСе, ИМГРЭ и др.), показали, что из всех учтенных Госбалансом россыпных месторождений титана и циркония наиболее перспективны первоочередного освоения участки четырех крупных россыпей России: Центрального месторождения (Восточный участок), Лукояновского (Лукояновский участок), Туганского (Южно-Александровский участок), Тарского (Левобережный участок), которые по результатам предварительной технико-экономической оценки (Программа «Руда») признаны первоочередными для освоения и создания на их базе горно-обогатительных предприятий по производству ильменитового, рутилового, цирконового и других концентратов.

Месторождение Центральное расположено в 60 км к востоку от Тамбова, в освоенном районе с хорошо развитой инфраструктурой. Представляет собой пластовую прибрежно-морскую россыпь сеноманского возраста. Продуктивные отложения в виде горизонтально залегающего пласта мощностью от 1,0 до 15 м (ср. 6,5 м) прослеживаются на 18 км в длину и от 2 до 18 км при глубине залегания 3,5-22 м (ср. 18 м). Рудный пласт сложен глауконит-кварцевыми песками, содержащими циркон (5-7 кг/м³), рутил (4-8 кг/м³), ильменит (33-36 кг/м³). Данные технологического обогащения показали, что эти содержания могут быть увеличены на 20-30%. В кровле рудного пласта и его верхней части развит повсеместно маломощный (2-3 м) горизонт желваковых фосфоритов (рис.5.5), которые могут представлять самостоятельный промышленный интерес как сырье для производства минеральных удобрений (фосмуки).

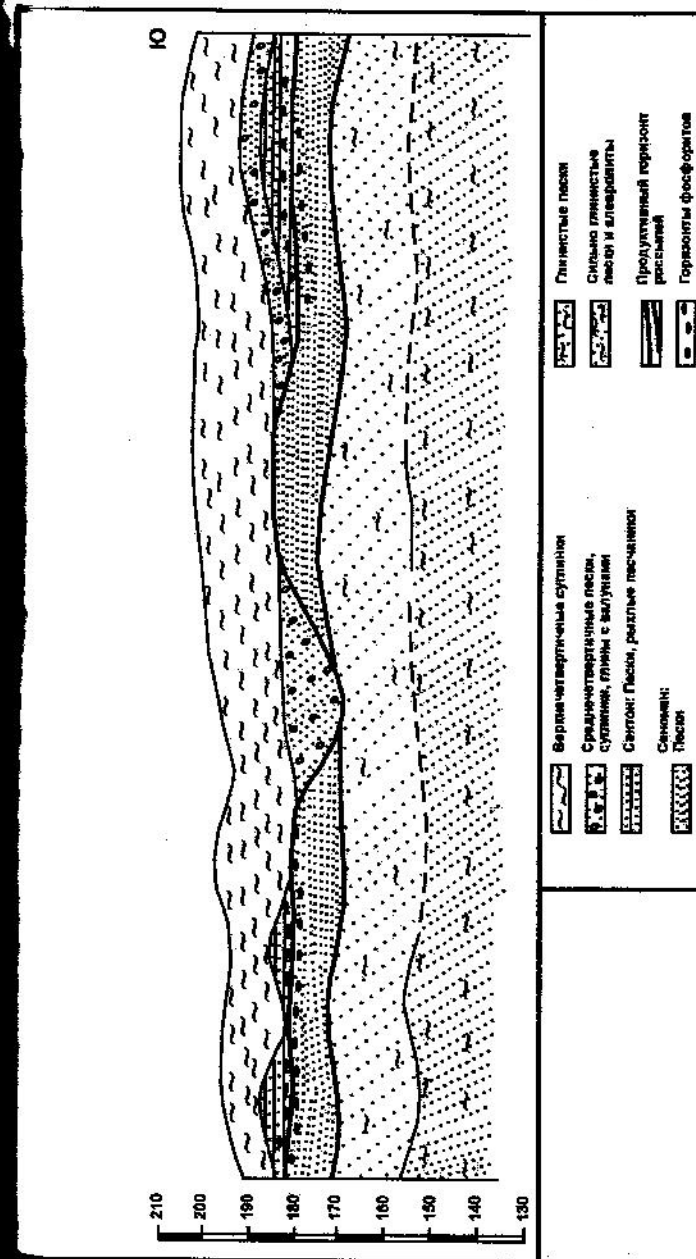
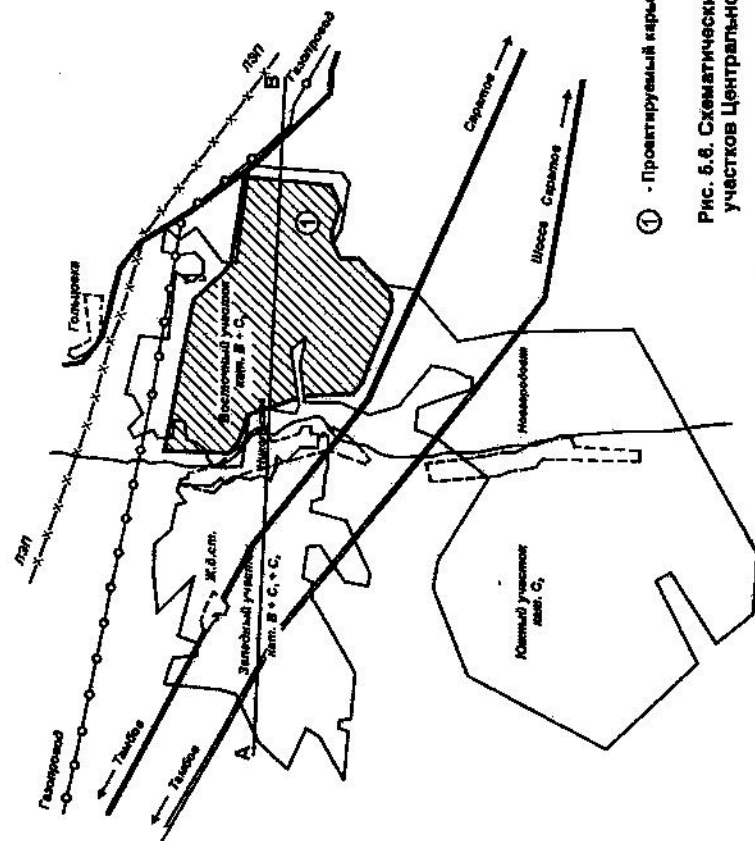


Рис. 5.5. Принципиальный разрез Центрального циркон-ильменитового россыпного месторождения
Горизонт м.б. 1 : 50 000

Речными долинами рудный пласт разделяется на три разобщенных участка: Западный (левобережный), Восточный (правобережный) и Южный (5.6). Подготовлен к эксплуатации Восточный (правобережный) участок, в котором сосредоточено около 30% разведанных запасов месторождения.



① - Проектируемый карьер

Исходное сырье. Серия геолого-экономическая

В конце 60-х гг. на месторождении проведена детальная разведка, запасы песков утверждены ГКЗ СССР в 1972 г. По данным разведки по запасам песков, циркония и титана оно сопоставимо с крупнейшими комплексами россыпями зарубежных стран. В связи с низкими технико-экономическими показателями и недостаточной технологической изученностью данные по кат. В+С₁+С₂ запасы были учтены как забалансовые. В 1992 г. по Восточному участку выполнены повторные технологические испытания песков, однако его запасы в ГКЗ не представлялись.

горно-геологические условия залегания продуктивного пласта Центрального месторождения в целом и Восточного участка, в том числе, благоприятны для отработки карьером. Добыча песков может производиться по портно-отвальной схеме с применением на вскрыше роторных экскаваторов с отвалообразователями, а на добыче песков — многочерпаковых цепных экскаваторов.

Основной состав рудных песков сложный: они состоят более чем из 10% из мелкозернистых хорошо отсортированных кварцевых песков, сланцеватых глиной. В них присутствует глаукоцит (до 4%), полевиты (до 3%), гранат (до 0,5%), до 1% различных аломосиликатов (хлорит, эпидот, турмалин). Циркон в количестве до 0,5% представлен мелкими зернами, несколько крупнее рутил и ильменит, содержащиеся в песках в количестве до 0,5 и 2,5% соответственно.

имитационно-магнитно-электрическая схема обогащения песков про-
в в опытно-промышленных условиях и позволяет извлекать из них
ионный, рутиловый, ильменитовый и другие концентраты.

Цирконовый концентрат состоит на 97% из циркония, представлен цирконом песком с крупностью зерен менее 0,1 мм, главным образом - 0,044 мм. Содержание диоксида циркония в концентрате 63%, извлекаемого 90%. Содержание примесей титана и железа превышает нормы ОСТА, влажность цирконового концентрата находится на уровне 0,15-0,18. Концентрат может использоваться для переработки на металл, диоксид и соединения циркония.

титловый концентрат содержит 93% диоксида титана при извлечении 88%,
титловый концентрат – 58% диоксида титана при извлечении TiO_2 85%.

Помимо этих основных рудных концентратов из песков месторождения можно получать кварцевые пески, глауконитовый и гранатовый концентраты из крупно-галечной части песков +2 мм, а также из фосфорсодержащих вскрыши можно получать фосфоритовый концентрат, содержащий 13-14% P₂O₅ и пригодный для использования в качестве фосмуки. Для ее производства планируется построить отдельную обогатительную фабрику № 2, на которой материал +2 мм будет измельчаться до крупности -71 мк.

рудных песках обнаружено золото, содержание которого по отдельным пробам колеблется от 80 до 400 мг/м³, а в среднем может составить 200 мг/м³, по технологическим данным — 240 мг/м³. Золото в основном с размерами частиц не более 100 мкм. Оно извлекается с получением

золотосодержащего концентрата (Au – 20–25 г/т). В связи с появлением в последние годы нового высокопроизводительного оборудования для извлечения тонкого золота (стола Джемини, сепараторы Кнелсона, вибрационные шлюзы и т.д.) ревизии на золотосодержащие должны подвергнуться как сам Центральное, так и другие титано-циркониевые россыпи прибрежно-морского типа.

Центральное месторождение является составной частью Тамбовской россыпной Ti-Zr района – крупнейшего в России, где также предварительно оценено крупное Кирсановское месторождение и ряд рудопроявлений. Прогнозные ресурсы этого района оценены в 45 млн. т TiO_2 .

Лукояновское месторождение находится на юге Нижегородской области, в 180 км от г. Нижнего Новгорода. Район освоен, хорошо развита инфраструктура.

Лукояновское титан-хром-циркониевое месторождение представлено серией крупных прибрежно-морских россыпей батского яруса средней крупности. По результатам поисково-разведочных работ выделено несколько разбросанных россыпей – Итмановская, Шатковская, Казановская, Ульяновская и др. (рис. 5.7). Наиболее крупная и богатая Итмановская россыпь изучена более подробно: протяженность рудного пласта более 6 км, средняя мощность около 5 м (от 2 до 12,1 м). Пласт имеет слабо наклонное залегание на глубинах от 5 до 42 м, в среднем 28 м. Коэффициент вскрыши более $4 \text{ м}^3/\text{м}^3$ (рис. 5.8).

Итмановская россыпь разведана, и ее запасы утверждены ТКЗ при Нижегородгеолкоме в 1995 г. Она представляет собой среднее по масштабам, но богатое по содержанию циркона (более $23 \text{ кг}/\text{м}^3$) месторождение. Кроме того, в рудных песках содержится около $7 \text{ кг}/\text{м}^3$ рутила, $1,7 \text{ кг}/\text{м}^3$ лейкоксена и около $90 \text{ кг}/\text{м}^3$ ильменита с хромитом и гематитом. Содержание циркона в Итмановской россыпи наиболее высокое среди всех известных россыпей России и СНГ.

Горнотехнические условия эксплуатации рудных песков Итмановской россыпи довольно сложные. Помимо значительного коэффициента вскрыши (более $4,0 \text{ м}^3/\text{м}^3$) они характеризуются резко меняющейся в плане конфигурацией рудных тел (от 0,6 до 2,8 км по ширине), значительной мощностью вскрыши, представленной большей частью глинами, чередованием глинистых и песчаных водоносных слоев, в которых возможны проявления пьезоупругости. Нижний водоносный горизонт подстилает рудные пески, местами заходя на них. Общий водопиток на 1 пог.м будущего карьера составит $4,38 \text{ м}^3/\text{сут.}$, том числе только за счет подземных вод $0,81 \text{ м}^3/\text{сут.}$

При расчетах ТЭО кондиций предусматривалась отработка рудных песков карьером с применением драглайнов на вскрыше и гидромеханизированным способом добычи с размещением отвалов вскрыши в выработанном пространстве. До начала эксплуатации требуется водопонижение и осушение карьера. Как альтернатива карьерному способу отработки рудных песков может рассматриваться способ скважинной гидродобычи (СГД), который опробован на Лукояновском и других месторождениях [29, 46, 48, 53, 56].



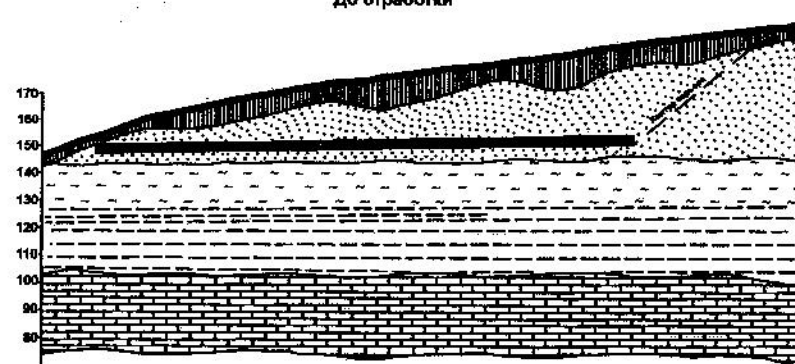
Рис. 5.7. Схема размещения титано-циркониевых россыпей Лукояновского россыпного района (на палеогеографической основе, батское время) и принципиальный разрез Итмановской россыпи (по данным Средне Волжской ГРЗ) [44]

- А. 1 - россыпи; 2 - площадь распространения песчаных фаций батского моря; 3 - острова и отмели; 4 - впадины и депрессии дна; 5 - волновые равнодействующие; 6 - направления преобладающего перемещения материала; 7 - направления преобладающего поступления материала из области сноса; 8 - положительные морфоструктуры; 9 - срединная граница распространения батских отложений. Россыпи: 1 - Шатковская, 2 - Итмановская, 3 - Сулугловская, 4 - Казановская, 5 - Алатырская, 6 - Ульяновская, 7 - Наугловская, 8 - Ветюшицкая.
- Б. 1 - покровные суплини; 2 - глины и глинистые сланцы; 3 - пески тонкозернистые; 4 - пески среднезернистые; 5 - контур промышленного пласта.

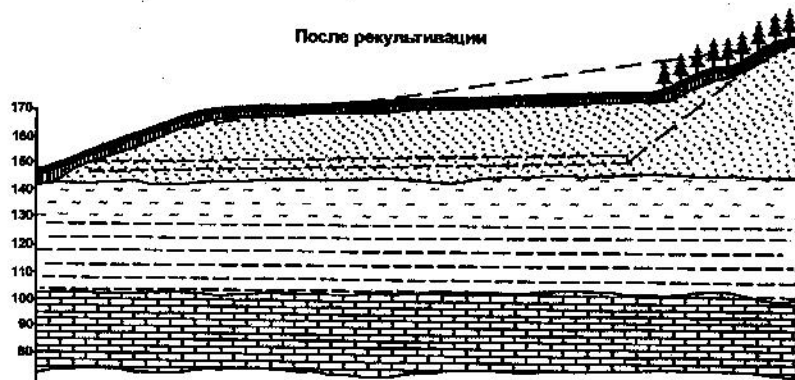
Разрез I очереди карьера

Масштабы: вертикальный 1 : 500
горизонтальный 1 : 2000

До отработки



После рекультивации



Условные обозначения

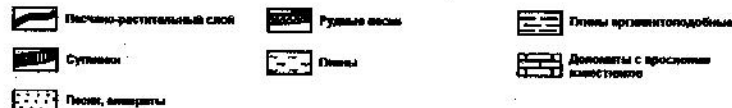


Рис. 5.8. Разрез с контуром карьера по блоку С, - III Итмановского участка Лукояновского месторождения.

Испытания прошли в целом успешно, но этот метод добычи песков требует технического совершенствования и промышленной апробации.

Вещественный состав рудных песков Итмановской россыпи Лукояновского месторождения весьма своеобразен. Рудные пласты сложены мелкозернистым полевошпат-кварцевым песком с прослоями глинистого материала. Количество полевого шпата достигает 15% от легкой фракции (с $0,9 \text{ г/см}^3$), кварца – около 85%. В тяжелой фракции песков более 60% ее составляют циркон, рутил, лейкоксен, ильменит+хромит, различные алюмопикаты (дистен, ставролит, эпидот и др.). Содержания полезных компонентов в песках по данным технологического опробования составляют (%) циркона – 2-3, рутила – 0,2-0,4, ильменита – 2-3, хромита – 1-1,5. Своеобразие состава россыпи заключается в том, что ильменит вместе с хромитом и титаном образуют тонкозернистые агрегаты, разделить которые механическими методами обогащения не представляется возможным.

Технология обогащения рудных песков Итмановской россыпи разработана на лабораторном уровне и проверена укрупненными испытаниями. Она включает рудоподготовку (дезинтеграция и обесшламливание), первичное обогащение гравитацией на винтовых сепараторах отмытой зернистой массы с очистками хвостов и промпродуктов доводку черновых концентратов методами электрической и магнитной сепарации с предварительным отжигом кон-рутилового продукта. В результате обогащения получен высококачественный цирконовый концентрат, состоящий на 99,4% из мелкозернистого (0,1-0,1 мм) циркона при извлечении 89,9% от исходных песков. Концентрат содержит 62% диоксида циркония, ниже требований ОСТ 48-82 содержания оксидов железа и титана; радиоактивность его менее $0,1\% \text{ Th}_{\text{экв}}$. Он может использоваться для переработки на металл, диоксид, соединения циркония и для производства противопожарных смесей, огнеупоров, керамики, стекла, глазурей и других изделий.

Титановые концентраты представлены двумя видами продукции – рутиловым и гематит-хромит-ильменитовым. Рутиловый концентрат сложен на 99,2% мелкозернистым рутилом, извлечение рутила от исходных песков составляет 77%. Концентрат содержит 94% TiO_2 и соответствует по примесям ГОСТ 316-78. Он может использоваться при производстве обмазочных материалов для электродов.

Гематит-хромит-ильменитовый концентрат состоит на 99,8% из агрегатов этих трех минералов. Извлечение суммы этих минералов в концентрат составляет 11% от исходных песков. Концентрат содержит 30-50% Fe_2O_3 , 9-10% Cr_2O_3 , 30% TiO_2 . Это нестандартный продукт, однако испытания по плавке этого концентрата, проведенные институтом титана и ИМЕТом РАН, показали возможность получения из него титанового шлака и высокохромистого чугуна. В последние годы Гиредметом разработана технология переработки концентрата на ферро-хром-титановую лигатуру и порошковую проволоку Cr-Fe состава. Оба продукта имеют ограниченный спрос в черной металлургии.

Поисково-технологическими исследованиями золотоносности руд песков участка первоочередной добычи на аппарате Кнелсона установлено содержание золота в количестве до 1 г/т и возможность получения золотосодержащего концентрата с содержанием Au 36 г/м³. Результаты этих исследований служат основанием для постановки детальных геологоразведочных и технологических работ по оценке запасов золота в рудных песках месторождения.

В результате лабораторных исследований пород вскрыши выяснена пригодность их глинистых разновидностей для производства обыкновенного кирпича, керамзита, керамдора, а песков – для использования в качестве формовочных и для штукатурных растворов. Кварц-полевошпатовый продукт применяется в производстве электротехнического фарфора, кремнистого заполнителя при производстве силикатного кирпича, бутылочного стекла, декоративного облицовочного скрытокристаллического материала, ситрана, эпидотовый продукт – для глазурей фасадных плиток, эпидотовый концентрат – в производстве темной керамики, глинистая часть хвостов обогащения может использоваться в черной металлургии для изготовления опок, а с добавкой кварц-полевошпатового продукта – для производства рамычного кирпича, керамических метлахских плиток, фасадных плит. Могут быть утилизированы и некоторые породы вскрыши: глины пригодны для производства кирпича, керамзита, керамдора, а пески – для формовочных и штукатурных работ.

Общих запасов рудных песков этой россыпи при отработке 1,5 м³/год хватит на 20 лет работы предприятия. При этой производительности в год можно получать более 30 тыс. т цирконового и 10 тыс. т рутилового концентрата. Гематит-хромит-ильменитовый продукт для решения вопроса его утилизации требует продолжения исследований, в том числе химических и металлургических.

Туганское месторождение расположено в 40 км от г. Томска в основном районе с развитой инфраструктурой. Представляет собой погребенную россыпь прибрежно-морского типа в песках кусковской свиты эоценового возраста. В пределах россыпи выделяются пять разобщенных участков, из которых два – Кусово-Ширяевский и Южно-Александровский – представляют промышленный интерес (рис. 5.9). Вблизи Туганского месторождения расположено Георгиевское месторождение [12, 56].

Кусово-Ширяевский участок представлен горизонтально залегающим на глубинах 10-98 м (в среднем 34 м) рудным пластом слабоглинистых кварцевых песков с цирконом (ср. содержание 14 кг/м³), рутилом+лейкоксеном (6 кг/м³), ильменитом (32 кг/м³). Мощность пласта в среднем 7,6 м (с 5.10).

Часть запасов можно отработать открытым способом (карьером – коэффициенты вскрыши соответственно 2,04-3,83 м/м), остальные запасы Кусово-Ширяевского участка, вероятнее всего, будет целесообразно отрабатывать методом СГД (коэффициенты вскрыши 6,47-6,29). Сложность карьер-

ной отработки рудных песков Кусово-Ширяевского участка определяется наличием в песчано-глинистых породах вскрыши так называемого глинистого горизонта – крепких кварцевых песчаников мощностью 2-3 м, которые можно отрабатывать только с помощью буровзрывных работ. В связи с этим предпочтительнее в первую очередь отрабатывать Южно-Александровский участок, где песчаники отсутствуют.

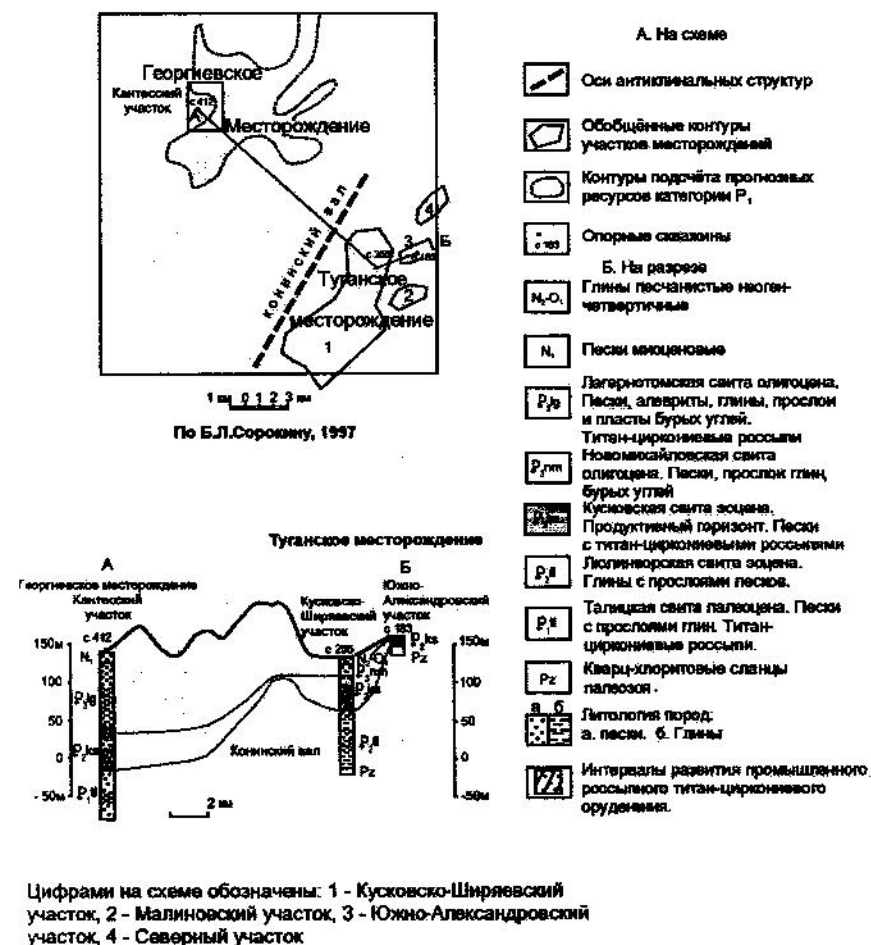


Рис. 5.9. Туганское и Георгиевское месторождения. Схема расположения участков

Поисково-технологическими исследованиями золотоносности рудных песков участка первоочередной добычи на аппарате Кнелясона установлены содержание золота в количестве до 1 г/т и возможность получения золотоносного концентрата с содержанием Au 36 г/м³. Результаты этих исследований служат основанием для постановки детальных геологоразведочных и технологических работ по оценке запасов золота в рудных песках месторождения.

В результате лабораторных исследований пород вскрыши выяснена пригодность их глинистых разновидностей для производства обыкновенного кирпича, керамзита, керамдора, а песков – для использования в качестве формовочных и для штукатурных растворов. Кварц-полевошпатовый продукт применяется в производстве электротехнического фарфора, кремнеземистого заполнителя при производстве силикатного кирпича, бутылочного стекла, декоративного облицовочного скрытокристаллического материала – сиргана, эпидотовый продукт – для глазурей фасадных плиток, эпидотовый концентрат – в производстве темной керамики, глинистая часть хвостов обогащения может использоваться в черной металлургии для изготовления опок, а с добавкой кварц-полевошпатового продукта – для производства керамического кирпича, керамических метлахских плиток, фасадных плиток. Могут быть утилизированы и некоторые породы вскрыши: глины пригодны для производства кирпича, керамзита, керамдора, а пески – для формовочных и штукатурных работ.

Общих запасов рудных песков этой россыпи при отработке 1,5 млн. м³/год хватит на 20 лет работы предприятия. При этой производительности в год можно получать более 30 тыс. т цирконового и 10 тыс. т рутилового концентрата. Гематит-хромит-ильменитовый продукт для решения вопроса его утилизации требует продолжения исследований, в том числе химико-металлургических.

Туганское месторождение расположено в 40 км от г. Томска в освоеном районе с развитой инфраструктурой. Представляет собой погребенную россыпь прибрежно-морского типа в песках кусковской свиты эоцено-олигоценового возраста. В пределах россыпи выделяются пять разобнесенных участков, из которых два – Кусово-Ширяевский и Южно-Александровский – представляют промышленный интерес (рис. 5.9). Вблизи Туганского расположено Георгиевское месторождение [12, 56].

Кусово-Ширяевский участок представлен горизонтально залегающим на глубинах 10-98 м (в среднем 34 м) рудным пластом слабоглинистых кварцевых песков с цирконом (ср. содержание 14 кг/м³), рутилом+лейкоксом (6 кг/м³), ильменитом (32 кг/м³). Мощность пласта в среднем 7,6 м (рис. 10).

Часть запасов можно отработать открытым способом (карьером – коэффициенты вскрыши соответственно 2,04-3,83 м/м), остальные запасы Кусово-Ширяевского участка, вероятнее всего, будет целесообразно обрабатывать методом СГД (коэффициенты вскрыши 6,47-6,29). Сложность карье-

ной обработки рудных песков Кусово-Ширяевского участка определяется еще и наличием в песчано-глинистых породах вскрыши так называемого кремнистого горизонта – крепких кварцевых песчаников мощностью 2-3 м, которые можно обрабатывать только с помощью буровзрывных работ. В связи с этим предпочтительнее в первую очередь обрабатывать Южно-Александровский участок, где песчаники отсутствуют.

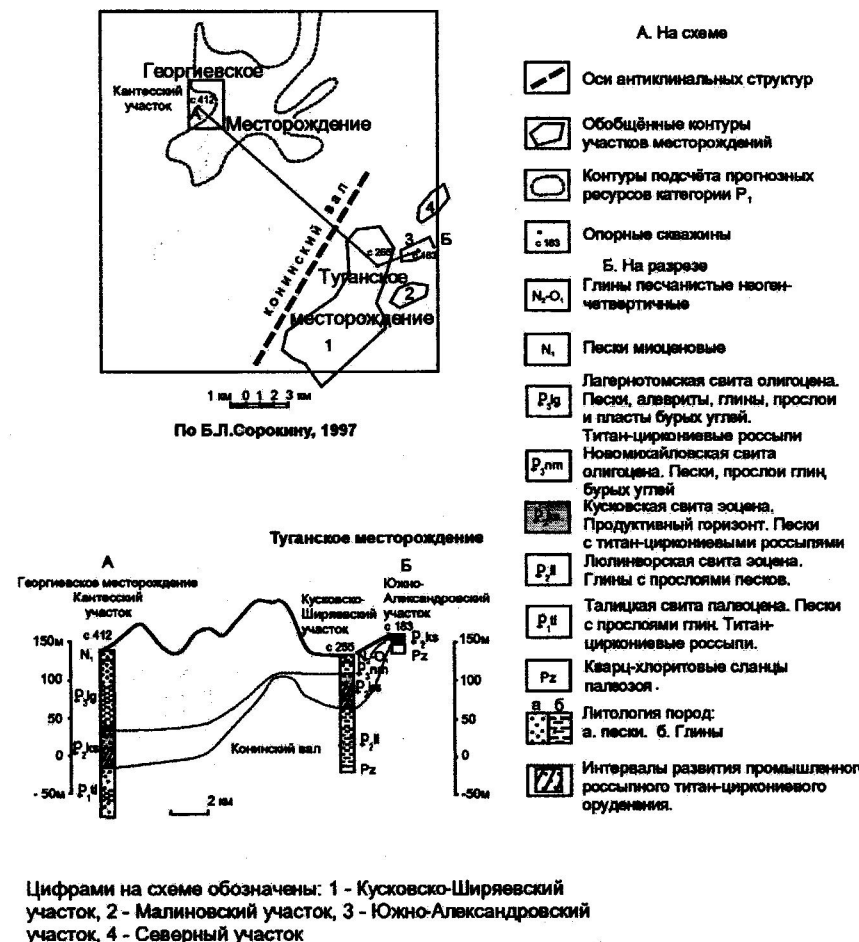


Рис. 5.9. Туганское и Георгиевское месторождения. Схема расположения участков

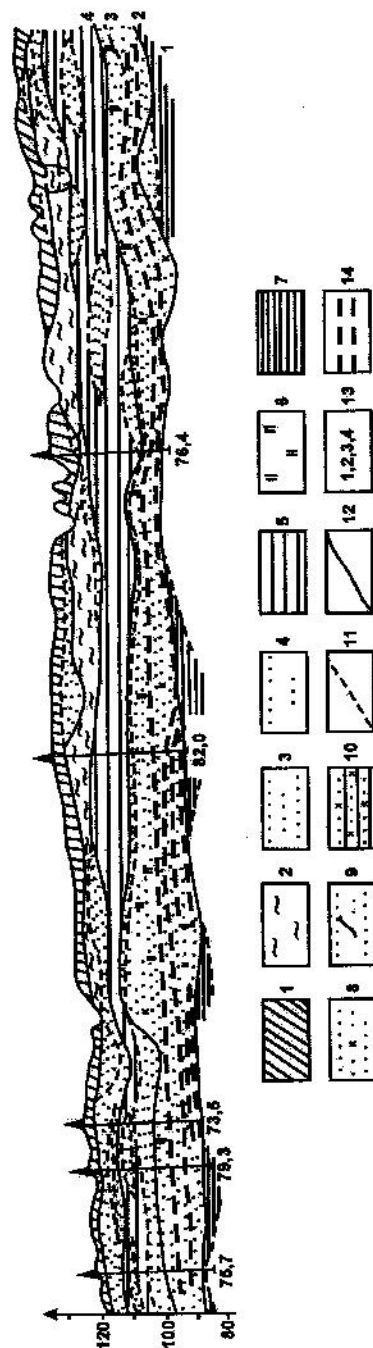


Рис. 5.10. Продольный геологический разрез Туганской россыпи на Кусково-Ширяевском участке (фрагмент)

1 - суглинок; 2 - глина четвертичная и неогеновая; 3 - песок; 4 - аллевит; 5 - глина палеогеновая; 6 - гумусовое вещество; 7-10 - горизонты кусковской свиты; 7 - плотные зеленовато-серые глины, 8 - тонкозернистые кварцевые пески с каолином, 9 - слабо сцементированные мелкозернистые "черные" пески с линзами бурых углей, 10 - сливные кремнистые песчаники; 11 - литологические границы; 12 - стратиграфические границы; 13 - номера горизонтов кусковской свиты; 14 - контур продуктивного пласта

На Южно-Александровском участке рудный пласт мощностью 5,0 м залегает на глубине около 7 м, в породах вскрыши нет кремнистого горизонта. Промышленные запасы рудных песков, содержащих 11-13 кг/м³ циркона, 4,6-4 кг/м³ рутила+лейкоксена, 30,4-36,5 кг/м³ ильменита, сравнительно небольшие (всего около 9 млн. м³), но достаточные для организации на их базе горно-обогатительного предприятия с производительностью около 1 млн. м³ в год. В силу благоприятных горно-геологических условий этот участок рассматривается как первоочередной объект промышленного освоения.

Технология обогащения песков испытана в полупромышленных условиях и включает операции рудоподготовки (дезинтеграция, грохочение, обесшламливание и сгущение продуктивной зернистой массы), гравитационное обогащение на конусных сепараторах, сгущение и сушку черного концентрата, доводку последнего и разделение на селективные товарные концентраты циркона, рутила, ильменита методами электрической и магнитной сепарации.

Товарный цирконовый концентрат содержит около 96% циркона с небольшой примесью лейкоксена и дистена. Содержание ZrO₂ в концентрате 90%, извлечение ZrO₂ от исходных песков 86,2%. Размер зерен цирконового концентрата от 0,1 до 0,04 мм.

Цирконовые концентраты Туганского месторождения кондиционные по содержанию основного компонента (65% ZrO₂), имеют несколько повышенное содержание примесей железа (0,1% Fe₂O₃) и титана (0,2-0,3% TiO₂), а также несут повышенную радиоактивность (более 0,1% Th_{экв}); концентраты могут использоваться для переработки на металл, диоксид и другие соединения циркония.

Кроме цирконового концентрата, из рудных песков Туганского месторождения можно получать рутил-лейкоксеновый продукт, содержащий 42% TiO₂ при извлечении 11,54%, ильменитовый концентрат с 54,64% TiO₂ при извлечении 55,35%, стекольные кварцевые пески марки ВС-050, каолин повышенной (марок КР, КК, ККТ) и другие продукты. Схема обогащения в целом экологически чистая.

На базе песков Южно-Александровского участка создано опытно-промышленное предприятие для отработки карьерным способом. Производительность предприятия 0,8 млн. м³ в год. Предполагается обогащение песков с получением цирконового, ильменитового, рутилового, кварцевого и других концентратов. Для региона, где действуют стекольные заводы, весьма ценным может оказаться использование кварцевого стекла высоких марок, получаемого в качестве попутного продукта. Он пригоден также и для получения силикатного кирпича. В общей стоимости продукции попутное получение кварцевого песка в количестве до 400-500 тыс. т/год может составить до 40%.

Туганское месторождение - самое крупное балансовое месторождение циркония. Большими разведанными запасами характеризуется лишь Центральное месторождение в Тамбовской области, но эти запасы отнесены ГКЗ к забалансовым.

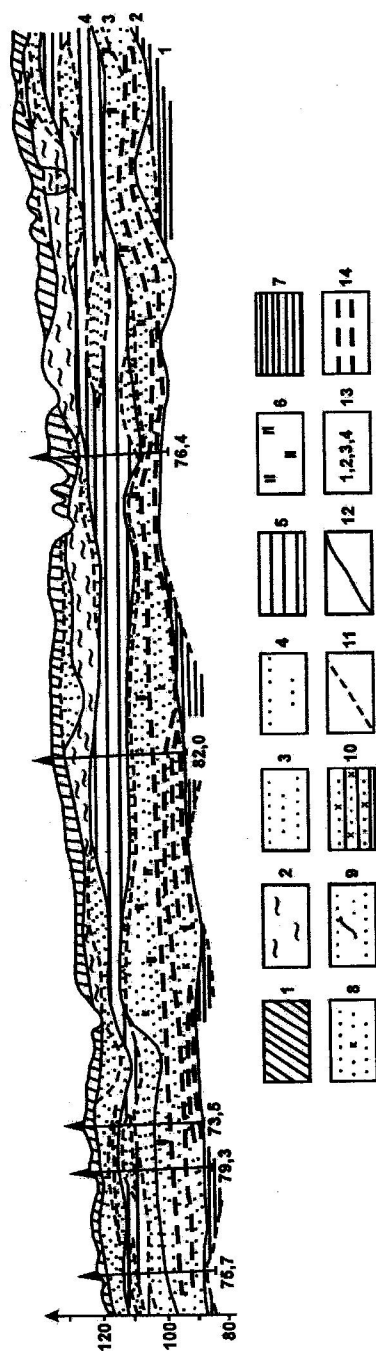


Рис. 5.10. Продольный геологический разрез Туганской россыпи на Кузово-Ширяевском участке (фрагмент)

1 - суглинок; 2 - глина четвертичная и неогеновая; 3 - песок; 4 - алмаз; 5 - глина палеогеновая; 6 - гумусовое вещество; 7 - плотные зеленовато-серые глины; 8 - тонкозернистые кварцевые пески с каолином; 9 - слабо сцементированные мелкозернистые "черные" пески с линзами бурых углей; 10 - сляканные кремнистые песчаники; 11 - литологические границы; 12 - стратиграфические границы; 13 - номера горизонтов Кузовской россыпи; 14 - номера продуктивных пластов

На Южно-Александровском участке рудный пласт мощностью 5,0 м залегает на глубине около 7 м, в породах вскрыши нет кремнистого горизонта. Промышленные запасы рудных песков, содержащих 11-13 кг/м³ циркона, 4,6-5,4 кг/м³ рутила-лейкоксена, 30,4-36,5 кг/м³ ильменита, сравнительно небольшие (всего около 9 млн. м³), но достаточные для организации на их базе горно-обогатительного предприятия с производительностью около 1 млн. м³ в год. В силу благоприятных горно-геологических условий этот участок рассматривается как первоочередной объект промышленного освоения.

Технология обогащения песков испытана в полупромышленных условиях и включает операции рудоподготовки (дезинтеграция, грохочение, обесшламливание и сгущение продуктивной зернистой массы), гравитационное обогащение на конусных сепараторах, сгущение и сушку чернового концентрата, доводку последнего и разделение на селективные товарные концентраты циркона, рутила, ильменита методами электрической и магнитной сепарации.

Товарный цирконовый концентрат содержит около 96% циркона с небольшой примесью лейкоксена и дистена. Содержание ZrO₂ в концентрате 65,0%, извлечение ZrO₂ от исходных песков 86,2%. Размер зерен цирконового песка от 0,1 до 0,04 мм.

Цирконовые концентраты Туганского месторождения кондиционные по содержанию основного компонента (65% ZrO₂), имеют несколько повышенное содержание примесей железа (0,1% Fe₂O₃) и титана (0,2-0,3% TiO₂), также несут повышенную радиоактивность (более 0,1% Th_{экв}); концентраты могут использоваться для переработки на металл, диоксид и другие соединения циркония.

Кроме цирконового концентрата, из рудных песков Туганского месторождения можно получать рутил-лейкоксеновый продукт, содержащий 85,2% TiO₂ при извлечении 11,54%, ильменитовый концентрат с 54,64% TiO₂ при извлечении 55,35%, стекольные кварцевые пески марки ВС-050, каолин, обогащенный (марок КР, КК, ККТ) и другие продукты. Схема обогащения в целом экологически чистая.

На базе песков Южно-Александровского участка создано опытно-промышленное предприятие для отработки карьерным способом. Производительность предприятия 0,8 млн. м³ в год. Предполагается обогащение песков с получением цирконового, ильменитового, рутилового, кварцевого и других концентратов. Для региона, где действуют стекольные заводы, весьма ценным может оказаться использование кварцевого стекла высоких марок, получаемого в качестве попутного продукта. Он пригоден также и для получения силкатного кирпича. В общей стоимости продукции попутное получение кварцевого песка в количестве до 400-500 тыс. т/год может составить до 40%.

Туганское месторождение - самое крупное балансовое месторождение страны. Большими разведанными запасами характеризуется лишь Центральное месторождение в Тамбовской области, но эти запасы отнесены ГП СССР к забалансовым.

Запасы Туганского месторождения в последний раз утверждены ГКЗ в 1992 г. (протокол № 72 от 24.07.1992 г.). По мнению ГКЗ, «...на территории России месторождение является лучшим по количеству и качеству запасов». Месторождение было признано подготовленным к освоению: утверждены запасы рудных песков и содержащихся в них полезных компонентов (циркона, ильменита, рутила+лейкоксена, монацита, запасы ZrO_2 , связанного с цирконом, TiO_2 , связанного с ильменитом, TiO_2 , связанного с рутилом+лейкоксеном), запасы попутных компонентов Sc_2O_3 , цирконе, ильмените, рутиле+лейкоксене, HfO_2 в цирконе, а также запасы кварцевой и каолиновой составляющей (хвосты обогащения). Кроме того, были утверждены запасы пород вскрыши Туганского месторождения в качестве сырья для производства строительных и других материалов: глины легкоплавкие для производства кирпича, глины тугоплавкие для производства керамических плиток, труб канализационных и кирпича, пески силикатные для производства силикатного кирпича, камней и других мелкоштучных прессованных изделий, пески формовочные (ГОСТ 2138-84), пески для производства щебня для строительных работ (ГОСТ 8267-82), для дорожного покрытия (ГОСТ 9128-84).

Таким образом, Туганское месторождение является комплексным месторождением титана, циркония, кварцевых песков, каолина и глины. Стоимость нерудной продукции составляет более 40% от общей стоимости товарной продукции ГОКа.

В настоящее время необходима геолого-экономическая переоценка Туганского месторождения с разработкой ТЭО эксплуатационных кондиций или бизнес-план его освоения, так как ТЭО постоянных (разведочных) кондиций в последний раз было выполнено в 1990 г., утверждено КЗПИ СССР (ГКЗ) в 1991 г. (протокол № 2487-к) по ценам 1984 г.

Георгиевская россыпь (Томская область) находится в 12 км севернее Туганского месторождения, являясь, по существу, продолжением того же типа прибрежно-морских древних россыпей нижнего эоцена и входит в Туганский россыпной район (см. рис. 5.9).

Цирконий-титановая минерализация приурочена к песчано-алевролитовым отложениям кусковской свиты, мощность которой в целом на Георгиевском участке около 50 м. Внутри нее располагаются обогащенные цирконом, рутилом, лейкоксеном, ильменитом прослои рудных песков мощностью от 4 до 14,2 м, в среднем 8,5 м. Россыпь прослежена в северо-восточном направлении на 25 км, в пределах ее выявлен и более детально разбурен Кантесский участок, где на глубине 124-179 м обнаружен пласт рудных песков мощностью 6-9 м с содержанием циркона в среднем 11-13 кг/м³ (от 5 до 27 кг/м³), ильменита 28-30 кг/м³, рутила+лейкоксена 5-8 кг/м³. Добыча песков с больших глубин возможна только методами СГД.

В лабораторных условиях разработана гравитационно-магнитно-электрическая схема обогащения георгиевских песков подземной добычи с получением 97%-ного цирконового концентрата (58% ZrO_2 , выход 1,36%,

содержание ZrO_2 91% от исходных песков). Радиоактивность концентрата $Th_{\text{экв}}$, в связи с чем его можно рекомендовать только для переработки в металл, оксид и другие соединения.

Получены также ильменитовый и рутил-лейкоксеновый концентраты. В ильменитовом концентрате содержание диоксида титана составляет 60% при извлечении 56,63% (выход 2,27%), в рутил-лейкоксеновом – 63% диоксида титана при извлечении 15,91% (выход 0,62%).

Запасы Кантесского участка утверждены ТКЗ Томскгеолкома в 1995 г. Этот участок может рассматриваться как комплексное месторождение титана, циркония, строительных материалов. По технико-экономическим расчетам эксплуатация участка выгодна даже при небольших объемах добычи и переработки сырья (132 тыс. т песка в год).

В настоящее время месторождение является Государственным резервом. Перспективы Туганского россыпного района не исчерпываются разведанными запасами Туганского и Георгиевского месторождений – его собственные ресурсы (кат. Р₁) превышают 20 млн. т TiO_2 .

Туганское месторождение расположено в Омской области. Россыпь выявлена в 1990 г. в районе пос. Тара на берегу р. Иртыш. Выполнены поисково-оценочные работы на Левобережном и Правобережном участках. Общие запасы рудных песков по обоим участкам оцениваются в сотни миллионов тонн.

Район расположения Тарской россыпи находится в зоне сочленения Западно-Сибирского прогиба с Пологрудевским мегавалом, в центральной части Западно-Сибирской плиты, сложенной мощной толщей мезозойских и кайнозойских осадков, залегающих на изверженных и эффузивно-осадочных породах кайнозойского складчатого фундамента. Верхняя часть осадочного чехла в районе месторождения представлена палеогеновыми, неогеновыми и четвертичными отложениями. Продуктивными являются песчано-глинистые отложения низов палеогена (верхнего олигоцена), состоящие из песчано-глинистых образований новомихайловской свиты (глубина залегания 32-40 м). Залегающие выше (7-76 м) отложения туртасской свиты палеогена являются рудными (рис. 5.11).

Формирование россыпи происходило за счет перемыва и переотложения песков новомихайловской свиты верхнего олигоцена в условиях прибрежно-морских и прибрежно-озерных зон, значительно удаленных от горного источника. Этим объясняется образование довольно выдержанного прослоя рудного пласта. Наиболее высокое содержание рудных минералов приурочено к середине продуктивного горизонта, сложенного тонкими хорошо сортированными песками.

Рудный пласт россыпи мощностью 4 м (от 1 до 6 м) располагается на глубине 40-80 м. Содержания полезных минералов колеблются в широких пределах: циркона от 3 до 20 кг/м³, рутила с лейкоксеном от 3 до 8 кг/м³, ильменита – 20-90 кг/м³. Добыча возможна только гидроскважинным методом. Выявлен первоочередной участок обогащенных песков (Левобережный)

со следующими параметрами: глубина залегания пласта 50 м, мощность пласта 3,9 м, содержания циркона $8,2 \text{ кг/м}^3$, рутила+лейкоксена 7 кг/м^3 , ильменита 50 кг/м^3 . Осуществляется опытно-промышленная добыча рудных песков методом СГД в объеме до 30 тыс. м^3 в месяц и первичное обогащение месте добытой песковой массы с получением селективного ильменитового коллективного рутил-цирконового концентратов [28, 29, 46, 48].

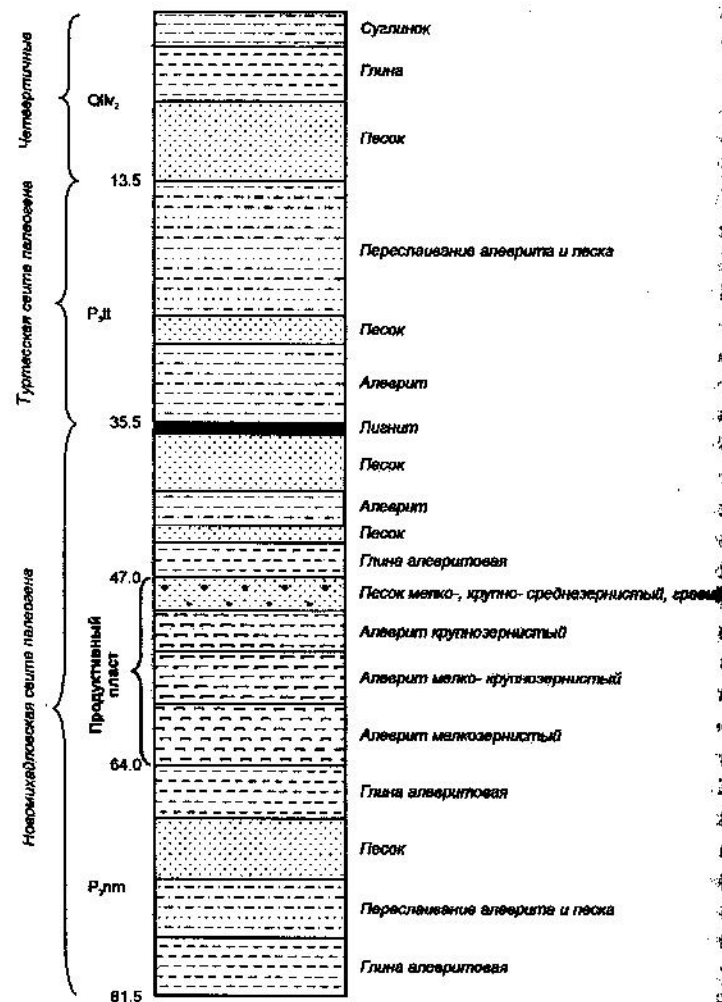


Рис. 5.11. Схематический геологический разрез южной части Левобережного участка Тарской цирконо-ильменитовой россыпи

Лабораторные исследования по обогащению песков показали возможность получения из них по традиционной гравитационно-магнитно-электрической технологии следующих концентратов: цирконового – 98% циркона при извлечении 87% (содержание $65\% \text{ ZrO}_2$, $0,18\% \text{ ThO}_2$, Fe_2O_3 – $0,1\%$, TiO_2 – $0,3\%$, Al_2O_3 – $0,3\%$, CaO – $0,1\%$, P_2O_5 – $0,14\%$), ильменитового – 91% ильменита при извлечении 91,5% (содержание $52\% \text{ TiO}_2$, Fe_2O_3 – 47% , CaO – $0,31\%$, Cr_2O_3 – $0,25\%$, SiO_2 – $0,8\%$, Al_2O_3 – $0,6\%$), рутилового – 98% рутила с лейкоксеном при извлечении 76,1% (содержание $94\% \text{ TiO}_2$, Fe_2O_3 – $0,14\%$, Cr_2O_3 – $0,14\%$, SiO_2 – $1,5\%$, Al_2O_3 – $0,35\%$, P_2O_5 – $0,09\%$, SO_3 – $0,06\%$).

Данные по предварительной разведке опытного блока площадью 5 км^2 свидетельствуют, что в дальнейшем при промышленном освоении скважинной гидродобычи рудных песков Тарское месторождение может стать важным природным источником получения титановых и цирконовых концентратов. Прогнозные ресурсы Тарского россыпного района составляют 10 млн. т TiO_2 (кат. P_1+P_2). Все они могут быть отработаны только методом СГД.

Ордынское месторождение титано-циркониевых песков находится в Новосибирской области в 120 км юго-западнее г. Новосибирска, на побережье Новосибирского водохранилища. Ближайший речной порт Кирза находится в 12 км.

Месторождение расположено в области сопряжения юго-восточной части Западно-Сибирской плиты и северо-восточной части Алтае-Саянской щитчатой области. Ордынская циркон-ильменитовая россыпь тяготеет к окраине Западно-Сибирской плиты и прослеживается на расстоянии 60 км. Филипповский участок занимает западный фланг Ордынской россыпи [36].

Продуктивной толщей на месторождении являются отложения журавинской свиты верхнего олигоцена, вскрытые практически на всей изученной площади и представленные в основном однородными слабоглинистыми и слабобесчанистыми алеуритами. Положение верхней и нижней границ журавинской свиты фиксируется по литологическим признакам и результатами ИС. Верхняя граница отложений журавинской свиты вскрыта на глубинах 96–173 м, мощность отложений 8,8–20,6 м. Рудный пласт титано-циркониевых песков приурочен к нижним горизонтам журавинской свиты и прослеживается в виде выдержанной субгоризонтальной залежи. Мощность рудного пласта от 2 до 5 м. По содержанию рудных минералов более богата восточная часть месторождения, где содержание условного ильменита достигает $70\text{--}80 \text{ кг/м}^3$ при среднем содержании $63,5 \text{ кг/м}^3$.

На Филипповском участке Ордынского месторождения проведены поисково-оценочные работы в 1993–2001 гг. В июне 2004 г. ГКЗ утвердила для условий отработки методом скважинной гидродобычи (СГД) балансовые запасы рудных песков и полезных компонентов на участке опытно-промышленной добычи по кат. C_1 в количестве 3,8 млн. т при среднем содержании (кг/м^3): ильменита – 22,8, лейкоксена – 2,3, рутила – 1,65, циркона

Основные запасы (65%) приурочены к верхнему продуктивному пласту, который планируется обрабатывать открытым способом. Проведение вскрышных работ осложнит наличие линз крепких песчаников V-VII категории (в среднем около 7%) в рудном пласте и в перекрывающей толще мелкозернистых песков, что потребует, вероятно, проведения буровзрывных работ.

Нижний пласт планируется обрабатывать способом скважинной добычи.

Бешпагирские рудные пески представляют собой мелкозернистые, практически безглинистые образования, состоящие на 94% из мелких зерен кварца и небольшого количества полевых шпатов крупностью в основном 0,14+0,044 мм с примесью еще более мелких тяжелых минералов. В составе последних преобладают ильменит и псевдорутил, меньше рутила, циркон, дистена, эпидота, граната и др.

Технологический регламент обогащения разработан ИМГРЭ и согласован с Гиредметом. Он включает рудоподготовку (дезинтеграцию исходных песков и отсеивание класса крупности +0,56 мм с выводом его из технологического процесса), первичное обогащение (концентрацию песков на винтовых шлюзах с получением черного коллективного концентрата отвалных шлюзов) и селекцию коллективного черного концентрата (методами магнитной и электрической сепарации).

Основные товарные продукты, полученные при обогащении рудных песков - ильменитовый, рутиловый и цирконовый концентраты.

Ильменитовый концентрат содержит 62% TiO_2 и 27,3% Fe_2O_3 . Содержание шлакообразующих оксидов SiO_2 и Al_2O_3 меньше нормы. По этим параметрам концентрат практически соответствует вольногорскому концентрату. Он также почти идентичен марке КИМ (ТУ-48-286-72) Иршанского ГОКа, однако превышает требования по содержанию Cr_2O_3 . Рутиловый концентрат содержит 94% TiO_2 и по своему химическому составу полностью соответствует ГОСТу 22938-78.

Цирконовый концентрат является стандартным, отвечающим ОСТу 82-81. Он содержит 65,4% ZrO_2+HfO_2 , в том числе около 1% HfO_2 , 0,3% TiO_2 , 0,07% Fe_2O_3 , 0,085% Th_{ox} и может быть использован в любых областях применения. Из нерудных продуктов обогащения наибольшие перспективы использования имеет кварц-полевошпатовый продукт в качестве флюидовых песков, для получения темного бутылочного стекла, производимых строительных материалов (силикатного кирпича) и др.

Освоение месторождения сдерживает его расположение на землях, которые частично служат для выпаса скота, частично находятся в частной собственности и используются под посевы сельскохозяйственных культур, а также систематические выступления «зеленых» против его разработки [4].

Бешпагирское месторождение является частью Ставропольского рудно-песчаного района, выделенного еще в начале 60-х гг. С.И.Гурвичем, Л.Н.Казариновым. Наряду с Бешпагирским известны перспективные месторождения (участки) Грачевское, Камбулатское, Гафицкое и др. [45]. По-

нимые ресурсы района, апробированные МПР, превышают 22 млн. т TiO_2 ; значительная часть этих рудных песков может быть отработана только методом открытым.

Единственной собственно титановой россыпью ближнего сноса, учтенной в балансе, является Ариадненское аллювиальное месторождение ильменита в Приморском крае. Ее источником служит одноименное коренное месторождение, представленное вкрапленностью ильменита преимущественно в меланократовом габбро [25], прогнозные ресурсы которого оценены по кат. Р₁ в количестве 250 млн. т руды при среднем содержании 7,03%. В Ариадненском россыпном месторождении запасы кат. С₂ оценены в количестве 581 тыс. т песков и 19,3 тыс. т TiO_2 и утверждены ТКЗ в 2002 г. при среднем содержании TiO_2 50 кг/м³. В том же году началась опытно-промышленная обработка месторождения.

Аллювиальные отложения имеют мощность от 2 до 14 м. Суммарная протяженность оцененных частей россыпи 5,7 км. По ширине россыпь неограничена, средняя разведанная ширина составляет 330 м. Россыпь ильменита приурочена к приустьевым частям пойм долины Пади Тодохова и ее правого нижнего притока - кл. Потапова. Продуктивный пласт представлен пластовой залежью мощностью от 2,5 до 14,5 м при средней по Пади Тодохова 5,8 м, по кл. Потапова - 4,5 м. Ширина продуктивной части соответственно 160-400 и 40-100 м.

Технологические исследования двух проб выполнялись в ДВИМСе в г. Хабаровске. Содержание ильменита в концентратах составило 88 и 86,5%, содержание TiO_2 - 42,5 и 41,8% соответственно.

Запасы Ариадненского россыпного месторождения утверждены ТКЗ только по кл. Потапова. Подсчитанные запасы по кл. Падь Тодохова учитываются как прогнозные ресурсы кат. Р₁: горной массы - 4360 тыс. м³, ильменита - 204 тыс. т (в пересчете на TiO_2 - 98 тыс. т). При пересчете запасов ильменита на TiO_2 его содержание в минерале принято равным 48%.

Прогнозные ресурсы титана в россыпях России наряду с такими россыпными районами и полями как уже упомянутые Тамбовский, Ставропольский, Туганский, Тарский и Ордынский связаны с месторождениями Мадагаскарское в Красноярском крае, Катэнское в Хабаровском крае и Халактырское титаномagnetитовое в Камчатской области, с россыпями Курильских островов. Значительные ресурсы кат. Р₁ - 37 млн. т TiO_2 - заключены в комплексных титано-циркониево-фосфатных россыпях Унеча-Крапивненской площади в Брянской области [37].

Группа Унечских россыпей весьма своеобразна по геологическому положению, генезису и составу. Здесь выделяется разновидность песчаных кварцевых формаций, в которых фосфор является главным полезным компонентом, а присутствующие в относительно повышенных количествах попутные циркон, рутил, ильменит, лейкоксен и другие повышают ценность месторождений. Данный тип комплексных россыпей выделен Н.Н.Иконниковым в качестве самостоятельной россыпной формации унечского типа [37]. Зани-

маемая этими осадками площадь северо-восточного простирания протяженностью около 120 км при ширине более 20 км выделяется в качестве Унечско-Крапивненской зоны.

В пределах зоны выделяются три обособленные площади (россыпи) – Унечская, Стародубская и Крапивненская, а в пределах первой из двух россыпей – Павловская и Милушкинская.

Продуктивный фосфатный пласт с тяжелыми минералами приурочен к верхней части разреза нижнекампанских отложений, представленных зеленовато-серыми слюдистыми песками и алевроитами, иногда карбонатизированными вплоть до песчанистого мела, с включениями желваковых фосфоритов. Пески хорошо отсортированы, мелкозернистые с преобладанием класса крупности $-0,20+0,16$ мм (60,5%) и $-0,16-0,10$ мм (25,4%). Они слагаются мергелями сантона и перекрываются белым плотным мелом верхнего кампана, а на северо-востоке района – четвертичными осадками. Мощность рудного пласта от 1 до 18 м, в среднем 3 м при содержании P_2O_5 около 8% и выходе тяжелой фракции 3%. Глубина залегания от 5 до 14 м [51].

В литодинамическом отношении кампанские фосфорит-кварцевые пласты отвечают относительно низкоэнергетической обстановке прибрежной литодинамической зоны. Источники рудного вещества в них не выяснены. Вероятно, поступление фосфатного вещества в прибрежные воды в виде геля и (или) в виде аллотигенных частиц могло происходить за счет разрушения разуплотненного вблизи Полшинского фосфатного месторождения сеноманского пласта, источником же рудных минералов могли служить аптские и сеноманские слои. При этом состав тяжелой фракции довольно стабилен, отмечаются повышенные содержания ильменита в Крапивненской россыпи, лейкоксена – в Унечской, эпидота – в Стародубской россыпи. Прогнозные ресурсы Унечско-Крапивненской зоны россыпей оцениваются в 37 млн. т TiO_2 .

Наиболее изучено Унечское месторождение, оконтуривание рудных тел которого проводилось по бортовому содержанию P_2O_5 5%; титано-магнетитовые минералы и циркон являются попутными компонентами и составляют значительную часть (в %): ильменит – около 1,5, рутил+лейкоксен – 0,35, циркон – 0,06. Содержания эти расцениваются как низкие, но без извлечения рудных минералов отработка месторождения может оказаться нерентабельной.

Руда представляет собой, как показали минералого-технологические исследования в Гиредмете (Л.Б.Зубков и др.), фосфатный песок, состоящий из кварца, фосфатов, кальцита, в сумме составляющих 88-93%, с примесью тяжелых минералов (до 10%), глауконита, полевого шпата и др. В зависимости от содержания карбоната выделяются два типа руд: кварцевые с содержанием кварца более 50% и карбонатно-кварцевые с содержанием кварца 30-50% и кальцита 24-25%. Фосфаты присутствуют в виде самостоятельных зон, концентрирующихся преимущественно в классе $+0,15$ мм, по составу представленных коллофаном с содержанием P_2O_5 27-29%, и в виде обломков (шленки) на зернах аллотигенных минералов в классе $-0,15$ мм, развитых

в различной степени как по легким, так и по тяжелым минералам. Этот пленочный фосфат в виде подвижной формы (растворимой в 5%-ной соляной кислоте) составляет около 75% суммарного содержания P_2O_5 в руде.

Обогащение песков Унечского месторождения возможно по флотационно-гравитационной схеме, позволяющей получать два концентрата – селективный фосфатный и коллективный фосфатно-рудный. После обесфосфоривания последнего гидрометаллургическим способом из нерастворимого остатка путем гравитационной, магнитной и электрической сепарации получаются некондиционные концентраты: ильменитовый с содержанием $FeTiO_3$ 10-15% и гранатовый с содержанием граната 53% (данные Центральной лаборатории ИГО «Центргеология», 1991 г.).

На месторождении выполнен небольшой объем опытных работ способом СГД, показавших возможность его эффективного применения при отработке песков при глубине их залегания более 25 м.

Перспективы освоения комплексных фосфатно-титано-циркониевых россыпных месторождений унечского типа недостаточно изучены. Однако следует иметь в виду, что их развитие не ограничивается названными выше россыпными полями Унеча-Крапивненской зоны. Аналогичная продуктивная фация нижнекампанского возраста с более высоким содержанием тяжелой фракции (до 55% в отдельных пробах) развита также на Обоянской площади в пределах Суджанского блока, в Белгородской и Курской областях. Для окончательного решения вопроса о промышленной ценности рассматриваемого типа месторождений требуются геологические и технологические исследования с использованием высоких технологий добычи и обогащения песков, передела концентратов в ликвидные товарные продукты.

Потребности России в титановом сырье. Российская Федерация, практически не используя собственную минерально-сырьевую базу титана, является довольно крупным продуцентом титановой губки, металлического титана и его сплавов (28% общемирового производства). Эту продукцию производит холдинг «АВИСМА», в состав которого входят Березниковский титаномагнетитовый комбинат (БТМК) и Верхне-Салдинское металлургическое производственное объединение (ВСМПО).

БТМК в настоящее время использует для производства титановой губки в качестве сырья ильменитовые концентраты Вольногорского ГМК (Украина), содержащие около 63,5% TiO_2 . Переработка идет по схеме: плавка ильменитового концентрата с получением титанового шлака (сод. 80% TiO_2) → фторирование шлака с получением тетрахлорида титана → ректификация $TiCl_4$ → сжигание $TiCl_4$ с получением титановой губки. Березниковский комбинат до 1992 г. мог потреблять для плавки на шлак 230 тыс. т ильменитового концентрата в год. Для собственных нужд, исходя из проектных возможностей хлоридного передела, БТМК необходимо 120-130 тыс. т ильменитового концентрата. В настоящее время БТМК перерабатывает 120 тыс. т ильменитового концентрата, получая из него около 35 тыс. т/год тита-

Таблица 6.2

Крупнейшие россыпные месторождения титана России в сравнении с зарубежными аналогами

Месторождение, страна	Подтвержденные запасы песков, млн. т	тяжелых минералов	Содержание в песках, %				
			ильменит	рутил	в том числе:		монацит
					лейкоксен	циркон	
Зарубежные месторождения							
Ричардс-Бей, ЮАР	1440	5,7	5,0	0,3	-	0,4	0,2
ВИМ-150, Австралия	1000	3,0	1,3	0,34	0,46	0,51	0,06
Куул Тарту, Австралия	569	3,2	1,9	0,16	0,3	0,4	0,01
Эвизба, Австралия	470	8,0	3,1	0,7	-	0,4	0,1
Трейл-Ридж, США	310	4,0	0,36	-	0,06	0,06	0,02
Чаварра, Индия	211	18	12,2	1,3	0,4	1,1	0,2
Малышевское, Украина	п. 100	3,68	2,3	0,84	-	0,54	-
Российские месторождения							
Ярегское*	2600	16	-	-	16	-	-
Центральное	900 млн. м ³	2,99	2,1	0,47	-	0,4	-
Туланское	150	2,9	1,8	0,3	-	0,61	0,03
Лукояновское	п. 10	7,0	5,0**	0,4	-	1,3	-
Белашырское	п. 10	2,8	1,4	0,55	-	0,58	-
Тарокое	п. 10	3,9	2,95	0,4	-	0,48	-

* Метаморфизованная россыль; по условиям обработки и переработки руд месторождение относится к жернам.

7. НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ТИТАНОВОГО СЫРЬЯ

Нетрадиционные виды титанового сырья - сфеновые, титаномagnetитовые и перовскитовые руды, характеризующиеся значительными запасами, из которых учтена Государственным балансом. Эти руды многие годы преимущественно изучались геологическими организациями. Неоднократно предпринимались попытки их практического использования, однако трудности технологического передела сфеновых и перовскитовых концентратов так и не были преодолены. Поэтому огромные запасы титана, связанные с этими минералами, остаются пока не востребованными промышленностью [35].

Некоторое количество запасов титана, представленных сфеном и титаномagnetитом, числится на Государственном балансе РФ. Связаны они с нефелин-апатитовыми рудами Хибинских месторождений и составляют около 1% от общих запасов титана в России при содержаниях около 1% TiO_2 в руде. Фактически эти запасы значительно больше, так как они учтены только в трех из девяти хибинских месторождений, представленных однотипными рудами. При этом по трем разрабатываемым месторождениям - Апатитовый цирк, Плато Расвумчорр и Коапвинское - ГКЗ учтены запасы титаномagnetита и сфена, но запасы TiO_2 ГКЗ СССР не утверждались. По этой причине перечисленные месторождения Государственным балансом титана учитываются, запасы же титаномagnetита учтены балансом запасов железных руд. Концентрации титана в хибинских апатитовых рудах связаны со сфеном (на 80-90% отн.) и титаномagnetитом (на 20-10% отн.).

Сфен - минерал из класса силикатов титана и кальция $CaTiSiO_4$ (O, Oh), содержащий 36-39% TiO_2 , 24-27 CaO и 28-30% SiO_2 , а также примеси Al, Fe, Mn, Mg (0,1-1%), Ta, Nb, TR (0,1-0,5%). Подсчитано, что из добываемых хибинских апатит-нефелиновых руд при среднем содержании сфена в руде около 2,5% можно получать в год сотни тысяч тонн сфенового концентрата, при работе на полную проектную мощность комбината «Апатит» - более 1 млн. т в год, в котором заключено около 400 тыс. т TiO_2 . Кроме того, в Хибинском и Ловозерском массивах есть участки апатитовых руд с более высокими содержаниями сфена [32].

Разработана и проведена в опытном масштабе технология выделения сфена как непосредственно из нефелин-апатитовых руд, так и из хвостов апатитовой и нефелиновой флотации. В исходной руде содержание сфена составляет 2-3%, в хвостах обогащения - около 7%. Сфеновый концентрат содержит (%): TiO_2 - 28-30, SiO_2 - 27-31, CaO - 24-30, Fe_2O_3 - 1-4, Al_2O_3 - 2-3, P_2O_5 - 1,6-5,8, (Nb, Ta) $_2O_5$ - 0,2-0,5, TR_2O_3 - 0,5-0,7. Из-за высоких содержаний кремнезема, кальция, фосфора и других примесей этот концентрат является сложным сырьем для переработки на титановую продукцию. Коллективом ИЦ РАН, комбинатом «Апатит» и другими организациями было предпринято много попыток по разработке и реализации технологической схемы переработки сфеновых концентратов для получения титановых пигментов. Испытывались методы хлорирования, кислотного выщелачивания, спекания и др. [32, 33, 35]. По всем предложенным технологиям получали либо диок-

8. ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТИТАНОВЫХ РУД, КОНЦЕНТРАТОВ И ПРОДУКТОВ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ

Российские коренные и россыпные месторождения титана по ряду параметров уступают зарубежным аналогам. В частности, они характеризуются более сложными горно-геологическими и гидрогеологическими условиями разработки. Неблагоприятно и географо-экономическое положение месторождений – удаленность от обжитых районов, отсутствие дорог, электроэнергии, неразвитость инфраструктуры и т.п. Эти факторы снижают экономическую привлекательность титановых месторождений России: если считать из этих руд только одни концентраты титана, то прибыль из-за высоких затрат окажется невелика, а длительность окупаемости капитальных вложений будет отпугивать потенциальных инвесторов. Поэтому к технологической и соответственно геолого-экономической оценке всех титановых месторождений должен быть комплексный подход [10, 23, 39, 41]. Необходимо изыскивать и внедрять все возможности получения наряду с титановыми концентратами и других товарных продуктов, реализация которых позволит бы повысить рентабельность освоения месторождений, их конкурентоспособность. Имеются возможности попутного получения ликвидной товарной продукции при эксплуатации коренных и россыпных месторождений титана. Можно выделить три вида (три группы) попутной продукции, получаемой при вскрыши и добыче руд (песков), при обогащении руд и при переработке концентратов.

1-я группа попутной продукции – горные породы вскрыши или бортового откоса карьера. Для месторождений коренных руд это обычно крепкие скальные породы, которые можно использовать для изготовления классифицированного щебня, бутового камня, наполнителя бетона и др.

При проектировании карьера на Стремигородском коренном месторождении апатит-ильменитовых руд предусматривалось использование апатитов, габбро-анортитов и других скальных пород, извлекаемых из бортов будущего карьера, в качестве строительного щебня, отвечающего требованиям ГОСТов 22254-78, 8267-75, 10268-70. Запасы этих пород были проверены ГКЗ СССР по кат. А+В+С₁. На их базе запроектирован специализированный щебеночный завод производительностью 2,4 млн. м³ щебня в год. Материал для Украины дефицитный, потребителями его могут быть многочисленные дорожно-строительные предприятия Житомирской и других областей республики.

На этом же месторождении отдельно утверждены по кат. А+В+С₁ запасы вышележащих глинистых пород бортов карьера коры выветривания. Они могут использоваться в качестве глиноземсодержащей добавки при производстве портланд-цемента марок 400-500 и 500-600 (ГОСТ 10178-76). Действующих цементных заводов Украины и России (Здолбуновский, Житомирский, город-Северский и др.) заявили потребность в этой глинистой добавке в количестве более 3 млн. т ежегодно.

В целом по Стремигородскому месторождению подсчитано, что из объема вскрыши 76,4 млн. м³ в качестве попутно добываемого сырья для производства различных видов стройматериалов может быть использовано около 50 млн. м³, или почти 60% их объема. Эта попутная продукция 1-й группы даст огромный экономический эффект при эксплуатации титановых месторождений.

Вскрышные скальные породы Медведевского месторождения, представленные разновидностями габбро мощностью до 40 м, были изучены с целью выявления возможностей их использования в качестве бутового камня, щебня в авто- и железнодорожном строительстве, облицовочных плит. Утверждены запасы габброидных пород вскрыши в качестве сырья для получения щебня марок 800-1400 (по ГОСТу 8267-65 и 10268-70). При проектной производительности Медведевского ГОКа по добыче руды 5 млн. т/год, можно получать 3,5 млн. т/год высококачественного щебня, что позволит обеспечить почти на 100% потребности в нем всей Челябинской области.

Изучение вскрышных пород месторождения «Юго-Восточная Гремячая», выполненное в ИХТРЭМС КНЦ РАН, показало, что скальные горные породы представлены тремя петрографическими разновидностями: меланократовыми (пироксениты, габбронориты), лейкократовыми (габбро, габброидные породы) и амфиболитами, содержание которых в среднем составляет соответственно 82, 15 и 3% и которые могут использоваться для производства строительного щебня. Они характеризуются выдержанным петрографическим составом, не радиоактивны и оценены как горные породы I класса, которые используются в строительстве без ограничений. Использование вскрышных пород для производства строительного щебня позволит увеличить выход товарной продукции из горной массы и снизить техногенное воздействие складированных отходов на окружающую среду [38].

Примером комплексного использования коренных руд титанового месторождения на действующем предприятии может служить рудник Огоньки в Финляндии: здесь при подземной добыче руд получают около 500 тыс. т в год щебня из вмещающих рудные тела габброидов. Действует специальная щебеночная фабрика.

Для экзогенных элювиальных и россыпных месторождений породы вскрыши могут также использоваться в качестве попутной товарной продукции. Вскрышные породы коры выветривания и россыпей представлены суглинками, глинами, песками и песчаниками, алевролитами, фосфоритами. Суммарная мощность их варьирует от первых до десятков метров.

На эксплуатируемом Малышевском месторождении (Украина) вскрышные породы – суглинки и глины – из-за их низкого качества используются только для закладки выработанного пространства.

Для Центрального месторождения в Тамбовской области (Россия) разработана технология селективной добычи пласта фосфоритов вскрыши, залегающего непосредственно над пластом титано-циркониевых песков. Проектом предусмотрено строительство специальной фабрики для тонкого помола фосфоритов и производства фосмуки.

Большое практическое значение могут иметь вскрышные породы ганского месторождения (Россия), представленные суглинками, глинами, песками, песчаниками. Исследования показали, что возможно использование суглинков и глин для изготовления строительного кирпича, половых и канализационных труб, песков и песчаников – как формовочного материала, а также в производстве силикатного кирпича и как заполнителя – в производстве бетона. Отдельные пласты и линзы кварцевых песков вскрыши могут применяться в стекольном производстве.

К попутным компонентам 1-й группы относятся также дренажные воды. 2-я группа попутной продукции включает полезные компоненты (титановые минералы), которые можно выделять из титановых руд и россыпей при их обогащении.

Для коренных руд это обычно титаномагнетитовые, апатитовые, ильменитовые концентраты. В сульфидных концентратах нередко отмечают повышенные содержания платиноидов [16, 21, 23].

Для месторождений коренных апатит-титаномагнетит-ильменитовых руд России (Кручининское, Большой Сейим, Гремяха-Вырмес и др.) технологической схемой обогащения предусмотрено получение селективных титанового, титаномагнетитовых и ильменитового концентратов.

В комплексных прибрежно-морских россыпях набор попутных полезных минералов значительно шире. Например, из рудных песков эксплуатируемого Малышевского месторождения, как упоминалось выше, кроме основных концентратов – ильменитового, рутилового, цирконового – получают несколько продуктов: концентраты дистеновый, ставролитовый, стекольные, формовочные пески. Разработана технология получения хромитового и монацитового концентратов. Общая схема комплексного использования рудных песков Малышевского месторождения показана на рис. 8.1.

Для разведанных российских россыпей подобного типа (м-ния Тугунское, Лукояновское, Туганское, Унечское и др.) также разработаны технологические схемы выделения из них концентратов многих попутных минералов (пример на рис. 8.2, 8.3).

Практически все россыпи содержат ряд других ценных минералов, достигающих в некоторых из них промышленных концентраций. Это дистен, ильменит, ставролит, гранат, монацит, фосфориты, глауконит, хромит, полиспат и др. Извлечение их в самостоятельные товарные продукты требует применения достаточно сложных технологических схем, но оно может быть экономически оправдано. В зависимости от вещественного состава для рудных песков месторождений, подготавливаемых к освоению, разработаны технологические схемы, позволяющие получать из них, помимо основных концентратов, рутилового, ильменитового, и ряд других концентратов – глауконитовый, гранатовый, фосфорный и др. [26, 28]. Большинство из перечисленных минералов – типичные попутные компоненты II группы по классификации ГКЗ, и стоимостная доля их в выпуске товарной продукции иногда превышает 10%.

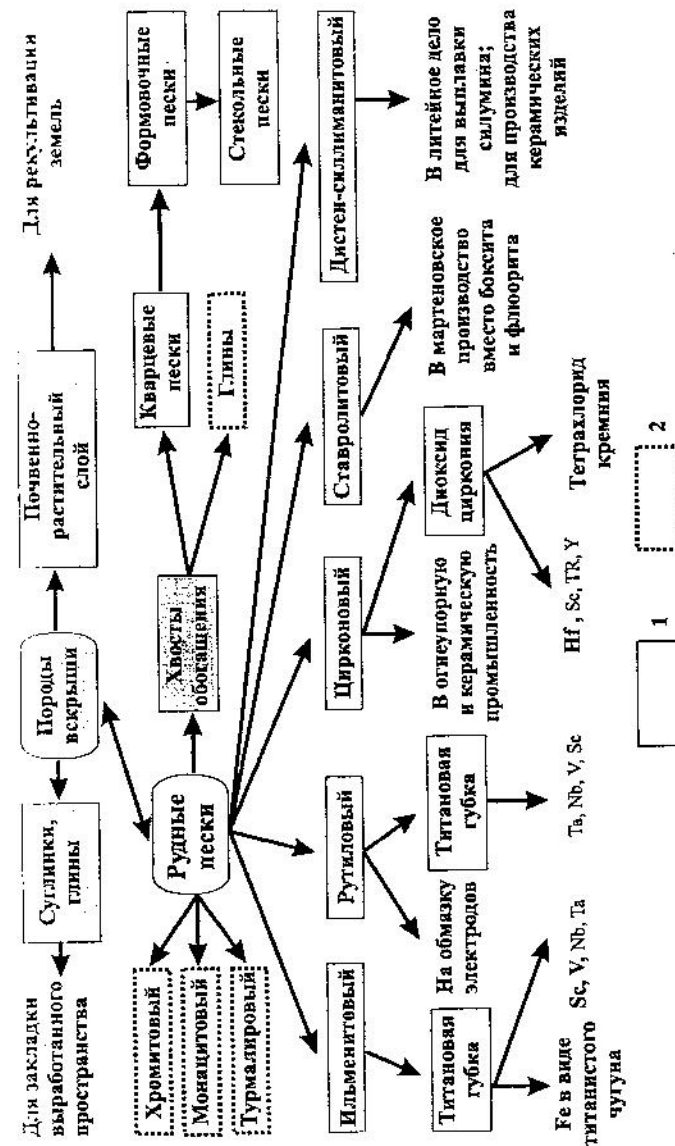


Рис. 8.1. Схема комплексного использования Малышевского циркон-рутил-ильменитового месторождения. 1, 2 - концентраты и продукты: 1 - получаемые в настоящее время, 2 - с установленной потенциальной возможностью извлечения. Жирным шрифтом выделены компоненты, извлекаемые промышленностью, обычным - компоненты, для которых установлена принципиальная возможность извлечения.

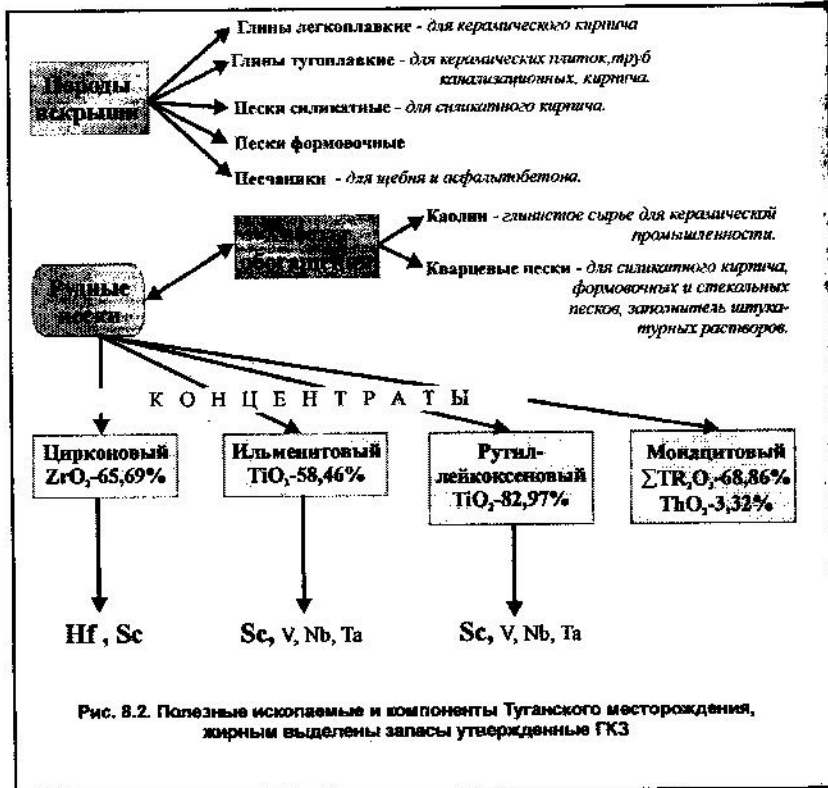


Рис. 8.2. Полезные ископаемые и компоненты Туганского месторождения, жирным выделены запасы утвержденные ГКЗ

Хвосты обогащения могут использоваться в качестве формовочных, кольных, строительных кварцевых песков, для производства силикатного кирпича и т.п. Глинистая составляющая песков, выделяемая при их промывке, является готовым каолиновым продуктом и может применяться для производства шамотных изделий, майолики, облицовочных фаянсовых плит, санитарных изделий из полуфарфора, в качестве наполнителя и для других целей.

В ТЭО кондиций для подсчета запасов титано-циркониевых россыпей, выполненных в 1990-2000 гг. и одобренных ГКЗ (Туганское, Обуховское, Караоткельское месторождения), показано, что стоимостная доля нерудной составляющей (кварц, глина) может достигать 40%.

Особый интерес вызывает присутствие в титано-циркониевых россыпях золота, оставшегося детально не изученным. Золото в россыпных месторождениях строительных, стекольных, рудных титано-циркониевых и других песков выявлено давно.

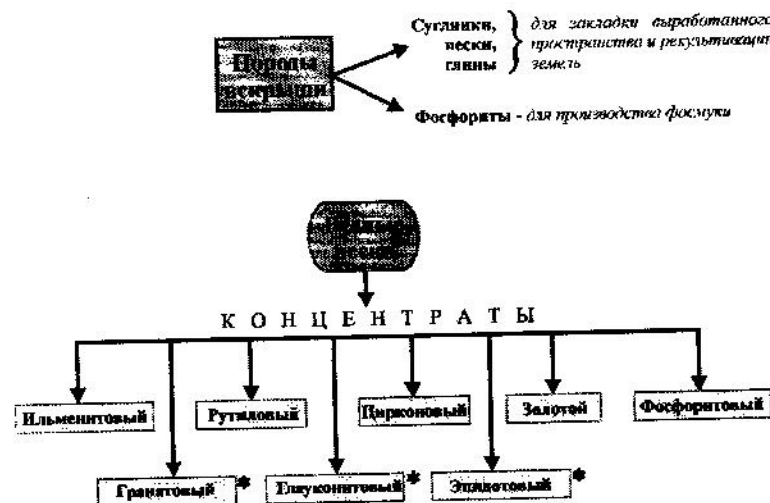


Рис. 8.3. Схема комплексного использования Центрального месторождения.

* - установлена возможность получения концентратов. Необходима выработка опытных партий и их испытание у возможных потребителей.
Примечание. Элементы-примеси рудных концентратов остались не оцененными при разведке месторождения.

В нерудных песках золотоносность изучалась сотрудниками ЦНИГРИ; было установлено довольно широкое распространение золота, проведены технологические исследования по выяснению возможностей извлечения золота с положительными результатами [30]. В титано-циркониевых россыпях многих районов России и Украины отдельные находки золота были известны еще в 60-х гг., однако детальные геологические и технологические исследования золотоносности россыпей этого типа до последнего времени не проводились. Впервые детальные минералого-технологические исследования золотоносности рудных титано-циркониевых песков были выполнены в 1993-1994 гг. для Центрального месторождения в Тамбовской области. Исследования проводили на материале крупнообъемных технологических проб. Изучали также распределение золота по продуктам обогащения рудных песков. Было установлено, что в исходных рудных песках золото присутствует в количестве до 200-400 мг на 1 т песков. Золото в основном (на 90%) свободное, но очень мелкое, сосредоточено в классе $-100+50$ мкм и представлено чешуйчатыми, пластинчатыми кавернозными зернами. Возможность извлечения его в самостоятельный золотоносный продукт, имеющий товарное значение, была установлена после проведения специальных технологических исследований.

При обогащении титано-циркониевых песков Центрального месторождения золота в значительной степени теряется в голове схемы со шлаком дезинтеграции. Остаток золота распределяется по продуктам обогащения следующим образом: крупнозернистая фосфоритовая фракция (+0,63) содержит 0,380 г/т, коллективный гравитационный концентрат – 0,150 г/т, рутил-цирконовый продукт – 0,200 г/т, рутиловый концентрат – 0,150 г/т. Из этих продуктов спецметодами обогащения были выделены золотосодержащие концентраты с содержанием золота до 20 г/т, которые могут рассматриваться как товарные золотые продукты, пригодные для последующего гидро-пирометаллургического передела.

Окончательная оценка промышленных перспектив золотосодержащего титанового месторождения и других россыпей требует проведения специальных геологоразведочных и технологических работ. По предварительным расчетам доля золота в стоимости товарной продукции Центрального месторождения может составить около 10-15%.

Значительный интерес представляют благородные металлы в титановых рудах коренных месторождений. В отличие от россыпных месторождений коренных руд вместе с золотом присутствуют платиноиды, в основном платина и палладий, при большем содержании последнего. Сумма благородных металлов в среднем может достигать 1 г/т (редко больше). Отмечается закономерность – в «сухих» рудах, т.е. малосульфидных (менее 1 кг/т сульфидной руды), золото преобладает над платиноидами, в средне- и малосульфидных (более 1,5-3,0 кг/т) преобладают платиноиды. Главные индикаторы – сульфиды Cu, Co, Ni, в рудах преобладают свободные минералы городских металлов. При высоком содержании пирита, марказита более (золота) связано с этими минералами.

3-я группа попутных полезных компонентов титановых руд и россыпей связана с наличием в рудных концентратах, поступающих на переработку, целого ряда элементов-примесей, представляющих значительную ценность. К ним относятся скандий, ванадий, тантал и ниобий, редкие земли, включенные в титановых минералах (ильмените, рутиле, лейкоксене), иттрий, скандий, иттрий, редкие земли – в цирконе. Доля этих компонентов в реализации товарной продукции, по данным ТЭО кондиций, может достигать 10-15%.

Закономерности распределения основных элементов-примесей в титановых рудах установлены достаточно надежно исследованиями специалистами ИМГРЭ. Однако для конкретных оцениваемых объектов необходимо проводить специальные работы. Общий набор элементов-примесей одинаков для ильменитов разных месторождений, но уровень их содержания, как правило, различен. Распределение элементов-примесей в рутилах, лейкоксенах и цирконе изучено в меньшей степени по сравнению с ильменитами. Наряду с этим необходимо подчеркнуть, что возможность извлечения элементов-примесей часто определяется не только уровнем их содержания, но и

они от способа переработки соответствующих рудных концентратов (табл. 8.1). Все рудные концентраты комплексных россыпей должны рассматриваться как комплексное редкометалльное сырье.

Таблица 8.1
Элементы-примеси в рудных концентратах и продуктах переработки титано-циркониевых россыпей [по 39 с уточнениями]

Кон- центрат	Способ переработки	Конечный продукт переработки	Возможности получения попутных компонентов
1	2	3	4
Ильменитовый	Сернокислотное разложение	Пигментный диоксид титана	Sc и V накапливаются в упаренной гидролизной кислоте; Sc получается в заводских масштабах, возможно извлечение V; целесообразность извлечения Nb и Ta требует уточнения
	Переplавка на шлак и хлорирование	Титановая губка	Fe получают в виде товарного чугуна; Sc и V получают в заводских масштабах; доказана принципиальная возможность извлечения Nb, Ta, Zr, Cr
	Пирогидрометаллургический	Искусственный рутил	Возможно получение хлорного железа; солянокислые растворы – потенциальный источник V, Sc; Ta и Nb полностью накапливаются в искусственном рутиле
Рутиловый	Шихтовка и специальная обработка	Сварочные электроды (обмазка)	Примеси безвозвратно теряются
	Хлорирование	Титановая губка	Извлечение V, Ta, Nb, Sc, Zr принципиально возможно
Лейкоксеновый	Хлорирование	Тетрахлорид титана	Доказана в лабораторных условиях возможность извлечения Y, TR, Ta и Nb
	Сернокислотное разложение	Пигментный диоксид титана	Возможно получение Nb и Zr
Цирконовый	Шихтовка и плавление	Плавильные огнеупоры, эмали, глазури, абразивы и др.	Примеси безвозвратно теряются
	Хлорирование	Тетрахлорид циркония	Производится технический диоксид гафния, гафнийский концентрат, тетрахлорид кремния; возможно получение Sc и TR

Комплексный характер титано-циркониевых россыпей обуславливает специфику их изучения: проведение геолого-технологического картирования с выделением технологических сортов и типов песков по всему комплексу минералов, применение специальных методов оценки золотоносности, отбор и испытание крупнообъемных проб с наработкой опытных партий основных концентратов, их испытание у потребителя, согласование с объемами производства и цен на попутную продукцию, маркетинг всей номенклатуры возможной продукции.

Проблемы комплексного использования титановых месторождений исчерпываются только получением различных попутных продуктов при добыче и переработке титановой руды. Эта проблема имеет более широкие аспекты: должны изучаться и реализовываться возможности попутного извлечения рудных концентратов и других продукции из месторождений других полезных ископаемых. Например, имеются месторождения, где рудные минералы (ильменит, рутил и др.) могут извлекаться попутно. Это месторождения стекольных, формовочных, строительных и других песков [22, 27]. Как правило, практически все кварцевые пески, добываемые на многих месторождениях карьерами для различных целей, содержат тяжелую фракцию, в составе которой почти повсеместно содержатся ильменит, рутил, титаномagnetит, циркон и другие тяжелые минералы. Почти все они являются вредной примесью в кварцевых песках, особенно если они предназначены для производства высококачественного стекла, формовочных смесей силикатного кирпича и т.п. В этом случае пески подвергаются различным методам обогащения для выделения тяжелых минералов с предварительной очисткой от глинистой фракции и крупной фракции +2 мм.

Одно из месторождений стекольных кварцевых песков с высоким содержанием титановых минералов - Новозыбковское в Брянской области. Продуктивные отложения представлены кварцевыми песками полтавского свиты верхнего палеогена. Они на 91-99% состоят из кварца, содержат ильменит, рутил, лейкоксен и циркон, а также кианит, хромит, дистен, стронтилит, силлиманит. Титановые минералы и циркон концентрируются в классе 0,1+0,04 мм и распределены неравномерно. Содержание ильменита в среднем по месторождению (кг/м^3) 15,8, содержание рутила - 3,5, лейкоксена - 1,6, циркона - 2,5. Запасы кварцевых песков и содержащихся в них минералов титана и циркония утверждены ГКЗ СССР в 1970 г. (237 тыс. т TiO_2 , 10 тыс. т ZrO_2). Подготовлен ТЭС освоения Новозыбковского месторождения, в котором производительность будущего предприятия предусматривается в размере 1 млн. м^3 песков в год.

Другим примером могут служить кварцевые стекольные пески Егоровского месторождения, обогащаемые на фабрике Раменского ГОКа (Московская обл.). Здесь методами флотации, оттирки, магнитной сепарации родные пески очищаются от тонких шламов и тяжелых минералов. В результате получают высококачественные стекольные пески с содержанием тяжелых минералов от 0,05 до 0,15%, а в качестве отхода - концентрат тяжелых минералов

среднем выход его колеблется в пределах 2-3%. Концентрат содержит 20-30% ильменита, 15-20% рутила, 10-15% циркона, остальное - магнетит, гидроксиды железа, темнокрасные алюмосиликаты. В год на фабрике может перерабатываться около 1 млн. т исходного песка; выход тяжелой фракции 25 тыс. т (2,5%). Если будет разработана и внедрена технологическая схема выделения из нее полезных минералов, то при извлечении их на уровне 60% можно будет получать в год 3-4 тыс. т ильменитового концентрата, 2-3 тыс. т рутилового и 1,5-2,5 тыс. т цирконового.

В добываемых строительных песках содержание минералов тяжелой фракции составляет 5-10%. Если кварцевые пески используются для производства силикатного кирпича, то их предварительно необходимо подвергать обогащению с целью отделения фракции +2 мм, тонких классов и шламов - 0,071 мм, а также выделять загрязняющую пески фракцию тяжелых темнокрасных минералов. Например, в добываемых кварцевых песках Корневского месторождения (Рязанская обл.), используемых для производства силикатного кирпича, содержится в среднем 5% минералов тяжелой фракции, в том числе 1,5% ильменита, 0,2% лейкоксена, 0,6% рутила, 0,4% циркона, гидроксиды железа, темнокрасные алюмосиликаты и др. Для этих песков разработана гравитационно-магнитно-электростатическая схема выделения из них титановых и цирконового концентратов. Если она будет осуществлена, то попутно можно будет ежегодно получать из этих строительных кварцевых песков первые тысячи тонн ильменитового концентрата, сотни тонн - рутил-лейкоксенового и цирконового концентратов.

Источником попутного получения титановых минералов, циркона и золота могут также служить так называемые "перемещаемые массы", образующиеся при очистке фарватеров рек, строительстве портовых сооружений и гидроэлектростанций [12, 22, 54]. В Украине ведется отработка техногенных титано-циркониевых россыпей - хвостов обогащения Малышевского месторождения [6].

кояновского, Бешпагирского м-ний), что позволит удовлетворить потребности в минеральном сырье для производства титановой губки, металлического титана и его сплавов, а также ликвидировать дефицит в рутитовых концентратах для электродной промышленности и в значительной мере удовлетворить потребности предприятий страны в циркониевых концентратах.

С целью покрытия дефицита в ильменитовых концентратах для производства диоксида титана целесообразно в ближайшее время дать промышленную оценку и подготовить к освоению два-три коренных месторождения. Для обоснованного выбора последних необходимо выполнить сравнительный технико-экономический анализ и ранжирование участков богатых руд месторождений Куранах и Большой Сейим, Юго-Восточного участка месторождения Гремяха-Вырмес. Целесообразно также произвести геолого-экономическую переоценку Крутининского месторождения.

Все россыпные месторождения титана (за исключением Туганского) пока не подготовлены для промышленного освоения и требуют доизучения геолого-экономической переоценки. Конкурентоспособность минерально-сырьевой базы титана может быть повышена за счет освоения наиболее экономически эффективных месторождений, а также использования высоких технологий при разведке, добыче и переработке минерального сырья и комплексного использования рудных песков и коренных руд месторождений.

Значительные резервы роста добычи титанового сырья могут быть связаны с нетрадиционными источниками с нефтеносными лейкокварцевыми песчаниками Ярегского месторождения, перовскитовыми рудами Африкандского и др. месторождений, сфеновыми концентратами хибинских апатит-нефелиновых месторождений. Важно отметить возможность попутного получения титановых и других концентратов, а также благородных металлов при разработке месторождений стекольных, формовочных, строительных и других песков и при их извлечении из так называемых «перемешанных масс».

Освоение месторождений титанового сырья России - актуальная задача, требующая скорейшего решения.

Одновременно с развитием и освоением собственной сырьевой базы титана необходимо сохранять и укреплять связи производителей и потребителей титановых продуктов России, Украины, Казахстана и других государств СНГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров А. Возможности кооперации не утрачены // *Металлы Евразии*, 2003, № 1. С. 50-51.
2. Анашкин Н.Ф., Лобанов В.С. Титан, современник прогресса // *Металлы Евразии*, 2000, № 1. С. 52-57.
3. Аньшаков В. Обзор российского рынка диоксида титана // *Химический журнал*, март 2003, с. 52-53.
4. Арманд О.А., Быховский Л.З., Россман Г.И. Экологические проблемы освоения титан-циркониевых россыпей России // *Тр. научно-практич. Междунар. конф. Ч. 2. «Природные и техногенные россыпи»*. Симферополь: КО УкрГГРИ, 2004. С. 143-151.
5. Архипов Г.И. Особенности титановых месторождений Дальнего Востока и возможности освоения // *Геология и разведка. Изв. ВУЗов*, 2003, № 1. С. 62-67.
6. Белогай П.Д., Зеликов М.А. Опыт освоения техногенных титан-циркониевых россыпей Приднестровья // *Техногенные россыпи. Проблемы. Решения. Тр. Первой Междунар. научно-практич. конф. Симферополь*, 2002. С. 22-27.
7. Блинов В.А. Титан. / В кн. *Геологическая служба и развитие минерально-сырьевой базы*. Отв. ред. А.И.Кривцов. М.: ЦНИГРИ, 1993. С. 294.
8. Блинов В.А., Короленко Н.В. Минеральное сырье. Титан // *Справочник* - М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998. 49 с.
9. Борисенко Л.Ф., Делицын Л.М. Минерально-сырьевые ресурсы титана: способы получения его соединений. Обзор // М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1991. 74 с.
10. Борисенко Л.Ф., Делицын Л.М., Поликашина Н.Г. Перспективы повышения комплексного использования титанового сырья. Обзор. Вып. 1. // М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1996. 58 с.
11. Бурцев И.Н. Титан Республики Коми в сырьевой стратегии России // *Вести. ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар*: 2002, №№ 2, 3, 4, 5.
12. Быховский Л.З., Зубков Л.Б. Титан России: состояние, проблемы развития и освоения минерально-сырьевой базы. Обзор // М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1996. 47 с.
13. Быховский Л.З., Масловский П.А., Тигунов Л.П. Проект крупномасштабного производства пигментного диоксида титана в России на базе Куранахского месторождения // *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление*, 2004, № 3. С. 55-60.
14. Быховский Л.З., Тигунов Л.П., Зубков Л.Б. Освоение сырьевой базы титана - актуальная задача горной промышленности // *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление*, 2001, № 4. С. 25-36.

15. Быховский Л.З., Тигунов Л.П., Зубков Л.Б. Парадоксы титанового сырья // *Металлы Евразии*, 2002, № 1. С. 41-44.
16. Быховский Л.З., Тигунов Л.П., Зубков Л.Б. Титаномагнетитовые руды – новый взгляд на промышленное использование // *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление*, 2003, № 3. С. 6-14.
17. Геригардт Н.Э. Лейкоксен – новый вид комплексного сырья / М.: «Наука», 1969. 76 с.
18. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. Т. 2. *Металлогения* - С.Ж.Даукеев, Б.С.Ужкенов, А.А.Абдулин и др. – Алматы: 2002. 272 с.
19. Горынин И. В контакте с морской водой // *Металлы Евразии*, 2003, № 1. С. 44-47.
20. Дерябин Ю.А., Смирнов Л.А., Дерябин А.А. Перспективы переработки чинейских титаномагнетитов / Екатеринбург: Ср.-Урал, кн. изд-во, 1999. 368 с.
21. Додин Д.А., Ланда Э.А., Лазаренков В.Г. Платиносодержащие хромитовые и титаномагнетитовые месторождения / М.: ООО «Геоинформцентр», 2003. 409 с.
22. Зубков Л.Б., Быховский Л.З. Россыпные месторождения кварцевого песка. Обзор. // М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2000. 54 с.
23. Комплексное использование титаномагнетитовых руд / Л.Ф.Борисенко, Л.М.Делицын, В.А.Полубабкин, Е.Д.Усков - Обзорная информация. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997. 65 с.
24. Корзун В.К., Зубков Л.Б., Чистов Л.Б. Современное состояние сырьевой базы титана и циркония России и эффективные пути промышленного освоения российских месторождений / ГИРЕДМЕТ – 70 лет в металлургии редких металлов и полупроводников. Юбилейный сборн. научн. т. к 70-летию ГИРЕДМЕТА. М.: 2001. С. 41-51.
25. Куранахское ильменит-титаномагнетитовое месторождение. Геологическое строение. Комплексная переработка руд - Л.А.Смирнов, Л.П.Тигунов, П.А.Масловский и др. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 310 с.
26. Кушпаренко Ю.С. Гравитационное обогащение тонкозернистых песков. В кн. Геологическое изучение и использование недр. Научно-техн. инф. Сборник. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999. С. 66-74.
27. Левченко Е.Н. Хвосты обогащения кварцевых песков как источник получения концентратов редких элементов // *Техногенные россыпи. Проблемы. Решения*. Тр. конф. КО УГГРИ. Симферополь: 2002. С. 65-72.
28. Левченко Е.Н., Бесчастный А.М. Технология комплексной переработки редкометаллических песков при добыче способом СГД // *Горный журнал*, 1996, № 4.
29. Либер Ю.В., Кройтор Р.В. Разработка циркон-титановых песков Тарского месторождения // *Горный журнал*, 1996, № 4. С. 12-17.
30. Лушakov А.В., Быховский Л.З., Тигунов Л.П. Нетрадиционные источники попутного получения золота: проблемы и пути решения // *Минеральное сырье. Серия геолого-экономическая*, № 9. М.: ВИМС, 2001. 82 с.
31. Минеральные ресурсы мира на начало 1999 г. / ТНПП «Аэрогеология». М.: 2000.
32. Мотов Д.Л., Максимова Г.К. Сфен и его химическая переработка на титановые пигменты / Л.: Наука, 1983. 87 с.
33. Николаев А.И. Переработка нетрадиционного титанового сырья Кольского полуострова / Апатиты: изд. КНЦ РАН, 1991. 118 с.
34. Николаев А.И., Ларичкин Ф.Д., Лухтон М.М. Проблемы комплексной переоценки и освоения Африканского месторождения перовскит-титаномагнетитовых руд // *Горный журнал*, 2003, № 11. С. 10-13.
35. Нетрадиционные источники получения титана и редких металлов - Л.З.Быховский, В.С.Кудрин, Л.П.Тигунов и др. Обзор // М.: ООО «Геоинформцентр», 2003. 98 с.
36. Ордынское месторождение как источник титан-циркониевого сырья в Новосибирском Приобье - О.П.Иванов, А.И.Неволько, Л.А.Брюзгин, Я.В.Демяник. Тр. IV Междунар. конф. «Минеральные ресурсы России в XXI веке: проблемы освоения и комплексное использование». Украина, Крым, 18-28 мая 2000 г. С. 39-41.
37. Орлов В.П., Иконников Н.Н. Фосфатные титан-циркониевые россыпи на русской шите // *Разведка и охрана недр*, 1993, № 9. С. 5-7.
38. Оценка вскрышных пород титано-ильменитового месторождения «Юго-Восточная Гремяха» в качестве сырья для производства щебня - В.В.Лапук, В.Н.Орлов, Т.Г.Усачева, Н.А.Мельник. В кн.: Экологические проблемы северных регионов и пути их решения. Ч. 2. Материалы междунар. конф. Апатиты: изд. КНЦ РАН, 2004. С. 119-120.
39. Перспективы комплексного использования титано-циркониевых россыпных месторождений России - Л.З.Быховский, В.А.Блинов, Л.Б.Зубков, Н.Г.Патык-Кара // *Горный журнал*, 1997, № 8. С. 22-26.
40. Проблемы титаномагнетита - Под ред. Н.М.Федоровского / Тр. института прикладной минералогии. М.: 1932. 88 с.
41. Рациональное использование недр: проблемы и пути решения - Л.З.Быховский, Г.А.Машковцев, Б.Г.Самсонов, Е.М.Эпштейн. Обзор // М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997. 42 с.
42. Резниченко В.А., Садыхов Г.Б., Карязин И.А. Титаномагнетиты – сырье для новой модели производства // *Металлы*, 1997, № 6. С. 3-7.
43. Резниченко В.А., Шабалин Л.И. Титаномагнетиты: месторождения, металлургия, химическая технология / М.: Наука, 1986. 294 с.
44. Россыпные месторождения России и других стран СНГ (минералогия, промышленные типы, стратегия развития минерально-сырьевой базы) - Н.Г.Патык-Кара, Б.И.Беневольский, Л.З.Быховский и др. / М.: Научный мир, 1997. 470 с.

45. Северный Кавказ – перспективная для промышленного освоения титан-циркониевая провинция России - Л.И.Веремеева, Е.Н.Левченко, Т.П.Линде и др. // Разведка и охрана недр, 2004, № 3. С. 5-15.
46. Скважинная технология добычи титано-циркониевых песков Тарского месторождения - Н.И.Бабичев, А.Н.Николаев, Ю.В.Лиер, Р.В.Кройтор // Горная промышленность, 1998, № 2. С. 50-54.
47. Тетюхин В. Возрождение гиганта // Металлы Евразии, 2003, № 1. С. 47-49.
48. Тигунов Л.П. Социально-экономические и геозкологические аспекты внедрения скважинной технологии добычи твердых полезных ископаемых // Минеральные ресурсы России, 1993, № 3. С. 25-27.
49. Тигунов Л.П. Конъюнктура минерального сырья. Вып. 19. Титан. // М.: ВИЭМС, 1995. 95 с.
50. Титановые месторождения в анортозитах докембрия - Г.Д.Дробот, Н.В.Короленко, В.А.Блинов, А.Ю.Епифанов // Отечественная геология, 1998, № 4. С. 54-58.
51. Титан-циркониевые россыпи Центрально-Черноземного района - А.Д.Савко, В.И.Беляев, Н.Н.Иконников, Д.А.Иванов / Воронеж: Изд. Воронеж. ун-та, 1995. 148 с.
52. Федосеев В.А., Федосеев С.В. Проблемы воссоздания минерально-сырьевой базы титанопотребляющих отраслей промышленности России // Горный журнал, 1999, № 10. С. 30-34.
53. Фролов П.А. Опытно-промышленные испытания скважинной гидро-технологии на титано-циркониевых месторождениях // Горный журнал, 1995, № 1. С. 29-32.
54. Хайдаров Р.А., Михайлова Л.А., Хасанов Ф.Х. Техно-экономическое обоснование переработки песчано-гравийных материалов // Разведка и охрана недр, 2000, № 9. С. 46.
55. Худов С.В., Самойлов П.И. Геологическое строение и комплексная оценка руд Гусевгорского месторождения // Горный журнал, 1993. С. 7-8.
56. Циркон-ильменитовые россыпные месторождения – как потенциальный источник развития Западно-Сибирского региона - Л.П.Рихванов, С.С.Кропанин, С.А.Бабенко и др. / Кемерово: ООО «Сарс», 2001. 214 с.
57. Шило Н.А. Учение о россыпях / М.: Изд. Академии горных наук, 2000. 632 с.
58. Эффективная методика определения качества рудных песков титано-циркониевых россыпей - Г.А.Сидоренко, Ю.В.Яшунский, Т.В.Колесникова и др. // Разведка и охрана недр, 1997, № 3. С. 13-16.

ВВЕДЕНИЕ	7
1. МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ, ВИДЫ ТИТАНОВОГО СЫРЬЯ И СПОСОБЫ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ	7
2. ПРОМЫШЛЕННЫЕ И ПОТЕНЦИАЛЬНОПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТИТАНА	8
3. МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА ТИТАНА ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН. ПРОИЗВОДСТВО, ПОТРЕБЛЕНИЕ И МИРОВЫЕ ЦЕНЫ ...	18
4. МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА И ПРОИЗВОДСТВО ТИТАНА В СНГ	20
5. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ТИТАНА В РОССИИ И ПОТРЕБНОСТИ В СЫРЬЕ.....	33
6. СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТИТАНА С ЗАРУБЕЖНЫМИ АНАЛОГАМИ	71
7. НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ТИТАНОВОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ	73
8. ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТИТАНОВЫХ РУД, КОНЦЕНТРАТОВ И ПРОДУКТОВ ИХ ПЕРЕДЕЛА	80
9. СТРАТЕГИЯ ОСВОЕНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ТИТАНА РОССИИ	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	97
ЛИТЕРАТУРА	99