

сийскому съезду геологов. О текущих неотложных задачах, которые стоят перед отраслью, очень обстоятельно и своевременно рассказал вице-президент Российского геологического общества Л.В. Оганесян. Тем самым он открыл общественную трибуну, на которой геологи могут высказаться о наболевшем [5]. По его мнению, к числу задач, которые необходимо решать в стране, являются вопросы по формированию правовой основы геологического изучения недр, уточнению понятийно-терминологической базы и целый ряд других, которые в полной мере относятся к видовой группе полезных ископаемых, относимых к ОПИ.

Стало уже традицией, что руководители и их коллеги всех департаментов федеральных округов по недропользованию на страницах журнала «Разведка и охрана недр» и ряда других отраслевых журналов в преддверии очередного съезда геологов освещают вопросы по состоянию и использованию минерально-сырьевой базы в своих регионах по стратегическим, федерально значимым полезным ископаемым, информируют геологическую общественность о полученных результатах за межсъездовой период деятельности. Одним из подразделов об итоговых результатах работ должен быть в том числе и обзор о состоянии и использовании минерально-сырьевой базы полезных ископаемых, относимых к ОПИ, по конкретному федеральному округу. ***Ведь это — наши недра и они должны работать на державу!*** Прекрасно понимая и осознавая, что это не сфера их ведения, тем не менее, никто кроме них в стране в настоящее время не в состоянии показать объективную картину о состоянии фонда недр полезных ископаемых, относимых к ОПИ, являющегося национальным богатством. Это должен быть своего рода ситуационный анализ как в целом по округу, так и субъектам РФ в их составе, пусть даже в усеченном варианте. Кроме того, видимо уже настает время по началу организации работ по инвентаризации и паспортизации объектов ОПИ с созданием межотраслевой технологической карты, получения ликвидной конечной продукции на основе видовой группы полезных ископаемых, относимых к ОПИ. Тем самым будут предложены новые подходы по ускорению экономического роста муниципальных образований различного уровня. Это позволит увеличить финансовые поступления в бюджеты муниципалитетов от НДПИ, повысить занятость проживающего населения в хозяйственной деятельности на основе освоения месторождений полезных ископаемых, относимых к ОПИ.

Вносимые в данной статье предложения являются отчасти дискуссионными, обсудить которые предлагается на страницах журнала.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Временные* методические рекомендации по подготовке и рассмотрению материалов, связанных с формированием, согласованием и утверждением региональных перечней общераспространенных полезных ископаемых, относимых к общераспространенным. Распоряжение государственной геологической службы МПР России от 07.02.2003 г., №47-р.

2. Закон Российской Федерации от 21.02.1992 г. № 2395-1 «О недрах», в редакции от 23.07.2019 г.
3. *Модельный кодекс о недрах и недропользовании для государств-участников СНГ.* Принята на XX пленарном заседании Межпарламентской ассамблеи государств участников СНГ. Постановление № 20-8 от 7.12.2002 г.
4. *Муслимов, Р.Х.* Особенности разведки и разработки нефтяных месторождений в условиях рыночной экономики / Р.Х. Муслимов. — Казань: ФЭН АН РТ, 2009.
5. *Оганесян, Л.В.* Анализ реализации решений прошедших Всероссийских съездов геологов в свете подготовки к очередному IX съезду / Л.В. Оганесян // *Разведка и охрана недр.* — 2019. — № 8. — С. 3–8.
6. *Полеховский, Ю.С.* Общераспространенные твердые полезные ископаемые: учебное пособие / Ю.С. Полеховский, С.В. Петров. — СПб: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2018. — 222 с.
7. *Правовой режим минеральных ресурсов: Словарь* / Под ред. А.А. Арбатова, В.Ж. Аренса и др. — М.: ООО «Геоинформцентр», 2002.
8. *Проект Кодекса Российской Федерации «О недрах».* — М., 2002.
9. *Садыков, Р.К.* Общераспространенные полезные ископаемые — недоиспользуемый резерв для экономического развития территорий / Р.К. Садыков // *Разведка и охрана недр.* — 2012. — № 5. — С. 66–69.
10. *Садыков, Р.К.* Общераспространенные полезные ископаемые — дополнительный стимул социально-экономического развития территорий Российской Федерации / Р.К. Садыков // *Разведка и охрана недр.* — 2019. — № 11. — С. 35–41.
11. *Стратегия развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года.* Распоряжение Правительства Российской Федерации от 24.12.2018 г. № 2914-р.
12. *Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года.* Распоряжение Правительства Российской Федерации от 13.02.2019 г. № 207-р.
13. *Термины и понятия отечественного недропользования (словарь-справочник)* / А.И. Кривцов, Б.И. Беневольский, И.В. Морозов / Под ред. А.И. Кривцова / ФГУП «ЦНИГРИ». — 2-е изд., исп. и доп. — М., 2008.
14. *Федеральный закон «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации.* № 131-ФЗ, 2003.
15. *Федеральный закон от 28.06.2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации».*
16. *Федеральный закон от 31.12.2014 г. № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации».*

© Садыков Р.К., 2020

Садыков Равиль Касимович // tliir@inbox.ru
// root@geolnerud.net

УДК 553.04+553.494 (100)

Ремизова Л.И. (ФГБУ «ВИМС»)

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ТИТАНА

*Рассматриваются проекты освоения месторождений титана в мире. Приводятся данные по геолого-генетической принадлежности осваиваемых месторождений, их ресурсах и запасах, характеристика руд и предлагаемые схемы их обогащения и получения титановых и других концентратов, производственные показатели проектируемых предприятий. Приводятся графики цен на титановые концентраты в 2018–2019 гг. **Ключевые слова:** титан, месторождение, ресурсы, запасы, проект, титановые концентраты, цена.*

Projects for the development of titanium deposits in the world are considered. Geological characteristics of developing deposits, their resources and reserves, mineralogical characteristics of titanium ore and flowsheets of their beneficiation, titanium and other concentrates production, performance indicators of the designed enterprises are given. Titanium mineral concentrates price charts in 2018–2019 are also given. Keywords: titanium, deposit, resources, reserves, project, titanium concentrates, price.

Мировые ресурсы (Measured+Indicated+Inferred Resources и приравненные к ним) титана оценены информационно-аналитическим центром ВИМС (ИАЦ ВИМС) примерно в 5,33 млрд т TiO_2 . Основная часть ресурсов заключена в магматических месторождениях, приуроченных к массивам габброидных пород (44 %), на них же приходится более трети (37 %) выпускаемых в мире титановых (ильменитовых) концентратов (рис. 1), хотя в мире разрабатывается весьма ограниченное количество месторождений такого типа: гигантские Паньчжихуа в Китае и Теллес в Норвегии, крупное Лак-Тио в Канаде и еще несколько китайских месторождений. Богатые гемюильменитовые руды в месторождениях Лак-Тио и Теллес содержат 34,2 % TiO_2 и 18 % TiO_2 соответственно. Ильменит-титаномагнетитовые руды со значительным преобладанием титаномагнетита, содержат 11–13 % TiO_2 в китайском месторождении Паньчжихуа и 9–10 % в российском месторождении Куранахское в Амурской области, разрабатывавшемся в 2010–2015 гг. В мире на разной стадии освоения находятся около 50 месторождений этого геолого-промышленного типа.

Треть мировых ресурсов титана находится в россыпях, из них 22 % в прибрежно-морских современных, 9 % в прибрежно-морских погребенных и 4 % в континентальных аллювиальных и делювиальных. Из россыпей извлекается две трети выпускаемых в мире титановых (ильменитовых, рутиловых, лейкоксеновых) концентратов: более всего — 43 % из наиболее легко разрабатываемых современных прибрежно-морских пляжевых и дюнных россыпей. В мире разрабатывается около пяти десятков современных прибрежно-морских россыпных месторождений

титана и примерно 40 объектов подготавливаются к эксплуатации. Крупнейшими современными россыпными разрабатываемыми объектами в мире являются Бранд-се-Бай и Зулти-Норт в ЮАР, Чавара и Чатрапур в Индии, Намалопе в Мозамбике.

Ещё 15 % производимых в мире концентратов титана получают из погребенных прибрежно-морских россыпей. Разрабатывается немногим более десятка таких объектов в Австралии, Мадагаскаре, Украине, США; в стадии освоения находится около 40 месторождений. Наиболее крупные погребенные россыпи эксплуатируются в Мозамбике (Намалопе из группы Мома) и Австралии (Джасинт, Гинкго).

Из континентальных россыпей выпускается только 5 % производимых в мире титановых концентратов (ильменитовых и рутиловых). Аллювиальные россыпи эксплуатируются в Сьерра-Леоне, Украине, Казахстане, Малайзии, Китае. Месторождения группы Гбангбама-Могбвемо в Сьерра-Леоне являются крупнейшим мировым источником рутиловых концентратов.

Еще 6 % ресурсов диоксида титана локализовано в месторождениях, представляющих собой литифицированные нефте-титановые россыпи, из которых титановые минералы в промышленном масштабе пока не извлекаются.

Около четверти (22 %) мировых ресурсов диоксида титана находится в месторождениях в корях выветривания габброидов, карбонатитов и толеитовых базальтов. Лишь одно месторождение в коре выветривания габброидов — апатит-полевошпат-ильменит-титаномагнетитовое Гундикум в Австралии разрабатывалось в 2012–2013 гг. и вновь введено в эксплуатацию в ноябре 2018 г.

На остальные геолого-промышленные типы месторождений титана приходится всего 2,5 % мировых ресурсов. Заслуживает внимания геолого-промышлен-

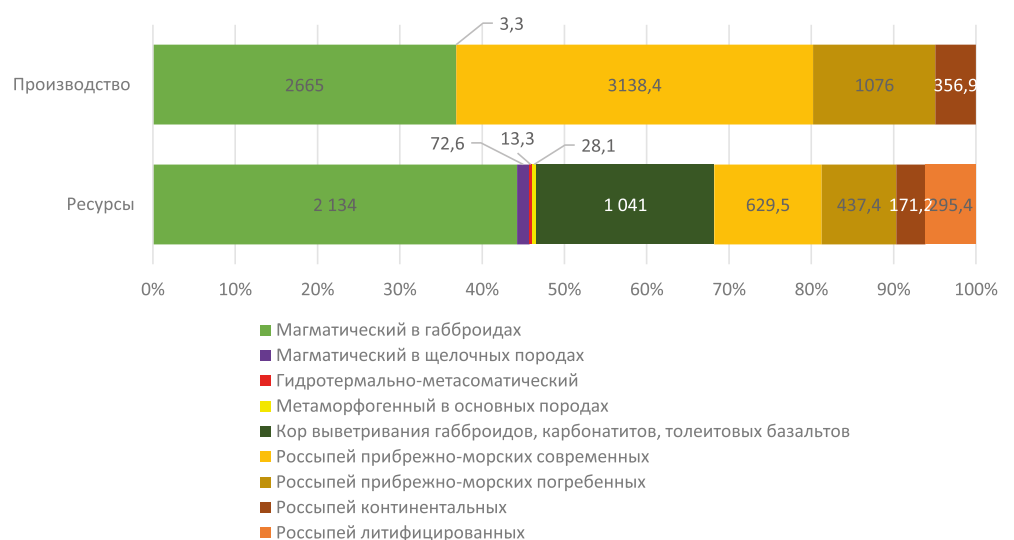


Рис. 1. Распределение мировых ресурсов диоксида титана (млн т TiO_2) и его производства в концентратах (тыс. т TiO_2) между геолого-промышленными типами месторождений по состоянию на 2017 г.

ный тип магматических месторождений в щелочных породах (1,5 % мировых ресурсов), распространенных и разрабатываемых только в России — Ловозерское редкометалльное месторождение и апатит-нефелиновые месторождения с попутным титаном в Хибинском массиве нефелиновых сиенитов в Мурманской области. Из руд Ловозерского месторождения извлекается титаносодержащий лопаритовый концентрат.

Ресурсы титана выявлены в 38 странах мира; запасы (proved+probable reserves и приравненные к ним) титана разведаны в 22 странах и составляют по оценке ИАЦ ВИМС 930 млн т TiO_2 . В недрах десяти крупнейших стран-производителей титановых концентратов заключено немногим более половины (55 %) ресурсов и 80 % запасов диоксида титана. При этом Китай является крупнейшим держателем ресурсов и запасов диоксида титана и ведущим его производителем (рис. 2). Россия, занимая второе место в мире по величине ресурсов и третье по величине запасов диоксида титана, является крайне незначительным его производителем, находясь по этому показателю на 21 месте в мире.

Мировые разведанные запасы диоксида титана могут обеспечить современный уровень его добычи в течение 85 лет. Однако растущий спрос на пигментный диоксид титана, производство которого поглощает 90 % выпускаемого в мире титанового сырья (в пересчете на диоксид титана), создает напряженную ситуацию с поставками титанового сырья, особенно высококачественного, используемого для производства по хлоридной технологии как диоксида титана, так и металлического титана, повышая тем самым его цену и стимулируя рост его производства, для обеспечения которого необходимо проведение геологоразведочных работ на титан и вовлечение разведанных месторождений в эксплуатацию.

В мире существует большое количество проектов по освоению месторождений титана, однако далеко не все из них доводятся до стадии эксплуатации, а планируемые сроки их реализации очень часто по несколько раз сдвигаются на более отдаленную перспективу, особенно это касается проектов на ко-

ренных магматогенных и метаморфогенных месторождениях. На некоторых проектах освоения комплексных железо-титан-ванадиевых магматических месторождений в габброидах, на которых первоначально предполагалось извлечение всех трех компонентов, в дальнейшем отказались от извлечения титана, сделав акцент на ванадии как на наиболее востребованном и дорогостоящем компоненте. Так произошло с проектами освоения крупных месторождений Балла-Балла в Австралии, Масамба в Мозамбике и P-Q Zone в ЮАР. Остановлен проект разработки Стремигородского месторождения на Украине того же геолого-промышленного типа. Оставлены попытки освоения чилийского рутилового месторождения Серро-Бланко гидротермально-метасоматического генезиса.

Тем не менее, существует несколько успешно развиваемых проектов на коренных магматогенных и метаморфогенных месторождениях титана (табл. 1). Два таких проекта реализуются в *Австралии*.

Железо-титан-ванадиевое месторождение титаномагнетитовых руд Маунт-Пик (Mount Peake) в Северной Территории Австралии было открыто австралийской компанией *TNG Limited* в 2008 г. Компания провела разведку и подготавливает месторождение к эксплуатации. Месторождение локализуется в протерозойской тектонической провинции Элерон (Aileron) региона Арунта (Arunta) в расслоенном силле оливинного габбро мощностью 250 м. Обогащенные ванадийсодержащим титаномагнетитом руды (содержание титаномагнетита около 40 %) находятся в верхней части силла, образуя пласт протяженностью 2100 м, шириной около 400 м и мощностью около 120 м, залегающий вблизи поверхности. В 2013 г. ресурсы месторождения категорий Measured+Indicated+Inferred были оценены в 160 млн т со средним содержанием 5,3 % TiO_2 ; 23 % Fe, 0,28 % V_2O_5 при бортовом содержании 0,1 % V_2O_5 .

В 2015 г. были подсчитаны запасы месторождения категории probable — 41,1 млн т руды со средним содержанием 7,99 % TiO_2 ; 28 % Fe, 0,42 % V_2O_5 — и подготовлено технико-экономическое обоснование

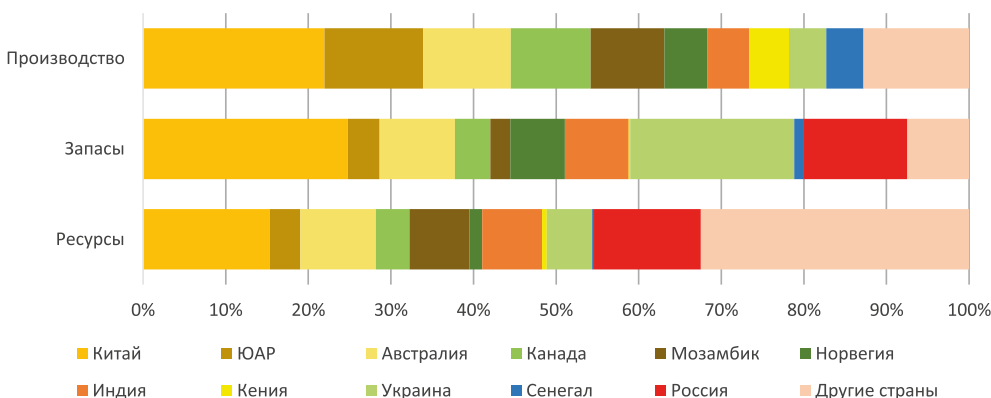


Рис. 2. Распределение ресурсов и запасов TiO_2 и производства TiO_2 в концентратах между странами — основными производителями по состоянию на 2017 г., %

(ТЭО) проекта разработки месторождения (Definitive Feasibility Study), в процессе разработки которого была построена опытная гидрометаллургическая установка для исследования запатентованного процесса TIVAN по переработке титаномагнетитового концентрата. Оптимизация ТЭО была проведена в ноябре 2017 г. и затем в августе 2019 г. [14]. В результате последней оптимизации годовая добычная мощность будущего рудника на

первом этапе уменьшена с 3 млн т до 2 млн т, благодаря чему срок эксплуатации рудника увеличен с 20 до 37 лет. Добычу планируется вести открытым способом с проведением буровзрывных работ. В дальнейшем будут рассматриваться возможности увеличения производительности рудника.

На обогатительную фабрику, расположенную здесь же на руднике, будет поступать руда стандартного состава (6,9 % TiO_2 ; 2,4 % Fe, 0,37 % V_2O_5), которая после дробления и измельчения будет подвергаться магнитной сепарации и затем обезвоживанию. Полученный титаномагнетитовый концентрат (700 тыс. т/год на первой стадии, затем до 1,4 млн т/год) будет транспортироваться по железной дороге в г. Дарвин, где будет построено предприятие по его переработке гидрометаллургическим способом с помощью запатентованного процесса TIVAN, разработанного компанией *TNG Limited* совместно с *SMC Group* (Германия): выщелачивание кислотой при температуре 80 °С и атмосферном давлении, фильтрация полученного раствора, магнитная сепарация полученного осадка для извлечения синтетического рутила (содержит 74,2 % TiO_2 , 2,34 % Fe), который затем перерабатывается в пигментный диоксид титана сульфатным способом (100 тыс. т/год), из фильтрата извлекаются пентаоксид ванадия (6 тыс. т/год) и триоксид железа в виде порошкообразного гематита — 500 тыс. т/год. Получаемый ванадиевый продукт может быть использован как для получения феррованадия, так и в проточных редокс-аккумуляторах. Порошкообразный гематитовый продукт будет содержать 64 % Fe; возможно получение железных окатышей. Пигментный диоксид титана будет выпускаться на отдельном заводе, который планируется построить рядом с гидрометаллургическим предприятием, по сульфатной технологии, разработанной компанией *Ti-Cons GmbH* (Германия). Сульфатное производство диоксида титана из синтетического рутила с низким содержанием железа будет малоотходным.

В настоящее время проект находится на стадии предварительного проектирования (Front-End Engineering and Design), которая должна завершиться ко второму полугодью 2020 г. В течение 2020–2021 гг. будут проводиться проектные работы и строительство рудника, обогатительной фабрики, гидрометаллургического и диоксидтитанового заводов. Компания *TNG Limited* имеет соглашения с корейской компанией *Woojin* и на поставку не менее 60 % будущего производства ванадиевого продукта и с сингапурским трейдером *Gunvor* на поставку остальной части ванадия, а также с индийской компанией *Vimson Group* на продажу 100 % планируемого производства гематитового продукта. В мае 2019 г. компания заключила соглашение с швейцарской компанией *DKSH* на поставку всего пигментного диоксида титана, который будет выпущен на предприятии. Первую продукцию планируется получить в 2022 г.

Австралийская компания *Neometals Limited* с 2003 г. ведет разведку и подготовку к эксплуатации

титаномагнетитового месторождения Баррамби (Barrambi) в штате Западная Австралия. Месторождение содержит 280,1 млн т ресурсов руды категорий Indicated+Inferred со средним содержанием 9,18 % TiO_2 и 0,44 % V_2O_5 , в том числе участки с богатой рудой: в центральной части — с высоким содержанием ванадия 64,9 млн т руды категорий Indicated+Inferred со средним содержанием 16,9 % TiO_2 и 0,82 % V_2O_5 при бортовом содержании 0,5 % V_2O_5 ; в восточной части — с высоким содержанием титана 53,6 млн т руды категорий Indicated+Inferred со средним содержанием 21,17 % TiO_2 и 0,632 % V_2O_5 при бортовом содержании 14 % TiO_2 . Из высокосортной ванадиевой руды предполагается получать концентрат, содержащий 1,21 % V_2O_5 и 19 % TiO_2 , из которого затем планируют извлекать пентаоксид ванадия (> 98,5 % V_2O_5) и производить конечный продукт — феррованадий (80 % V). Из высокосортной титановой руды будут получать концентрат с содержанием 0,73 % V_2O_5 и +30 % TiO_2 , из которого гидрометаллургическим способом будет вырабатываться гидроксид титана и сульфат ванадия. Из гидроксида титана планируется получать ультрачистый синтетический рутил (99 % TiO_2), из сульфата ванадия — сульфид ванадия для твердотопливных батарей и ванадиевый электролит. К настоящему времени построена опытная обогатительная фабрика на месторождении и сооружается опытная фабрика гидрометаллургического выщелачивания в Китае. В 2009 г. компанией было подготовлено DFS по проекту разработки месторождения, но стагнация цен на ванадий и титан после мирового финансово-экономического кризиса приостановила продвижение проекта. В 2015 г. компанией было проведено предварительное ТЭО (PFS) гидрометаллургического процесса производства гидроксида титана. Начиная с 2017 г. компания проводила исследования на опытной установке по использованию традиционного пирометаллургического процесса производства из руды месторождения титанового шлака.

В 2018 г. цены на ванадий резко выросли, но нормализовались в первой половине 2019 г. В мае 2019 г. компания подготовила обновленное ТЭО (DFS) по проекту разработки Центральной зоны месторождения, нацеленной на производство пентаоксида ванадия (6,337 тыс. т/год) и феррованадия традиционным способом; были подсчитаны запасы категории probable на месторождении: 39,9 млн т руды, содержащей 0,78 % V_2O_5 , 15,1 % TiO_2 , 46,4 % Fe_2O_3 при бортовом содержании 0,6 % V_2O_5 ; срок отработки 15 лет. Капитальные вложения в проект оценены в 484 млн долл. Следующим шагом является проведение оценки разработки Восточной зоны месторождения с извлечением из руды гидрометаллургическим способом титана и ванадия [9].

В октябре 2019 г. *Neometals* заключила меморандум о взаимопонимании с Институтом многоцелевого использования минеральных ресурсов (Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources) Академии геологических наук Китая по совместному развитию

проекта освоения месторождения Баррамби. Китайская сторона будет финансировать строительство опытного гидрометаллургического предприятия в Китае. В первом полугодии 2020 г. титаномагнетитовый концентрат, полученный на обогатительной фабрике в Австралии, будет направлен на переработку в Китай. В случае положительного результата опытного производства стороны будут совместно финансировать ТЭО проекта разработки месторождения и создания обогатительного и гидрометаллургического производств, по окончании которого будет решаться вопрос о создании совместного горно-металлургического предприятия на паритетной основе. Строительство коммерческого предприятия планируется начать в 2021 г. и запустить его в эксплуатацию в 2022 г.

В *Казахстане* компания *ТОО «TENIR-LOGISTIC»* ведет подготовку к эксплуатации ильменит-титаномагнетитового месторождения Тымлай, расположенного в Кордайском районе Жамбылской области. Месторождение приурочено к межпластовому дифференцированному интрузивному телу габбро-перидотитового состава мощностью от 18 до 240 м. Руды тонковкрапленные ильменит-титаномагнетитовые локализируются в основном в перидотитах. Основные рудные минералы титаномагнетит, ильменит, гематит; превалирует титаномагнетит, содержание которого достигает 70–80 %. Запасы месторождения разведаны по кат. С₁ и составляют 226 млн т руды со средним содержанием 10,42 % TiO₂, 33,6 % Fe, 0,12 % V₂O₅. Разработку месторождения планируют вести открытым способом. Обогащение будет проводиться мокрой магнитной сепарацией с получением титаномагнетитового концентрата с содержанием железа общего 52,41 %, TiO₂ 16,06 %, V₂O₅ 0,36 %. Выход ильменитового концентрата (48 % TiO₂) очень низкий 1,5–1,8 %, поэтому его не рассматривают в качестве потенциального сырьевого продукта. Дальнейшую переработку титаномагнетитового концентрата планируется вести на химико-металлургическом комплексе в специальной экономической зоне «Павлодар», где проектируется строительство предприятия по выпуску 601 тыс. т/год диоксида титана, 1956 тыс. т/год специальных марок сталей и 76 тыс. т/год диоксида кремния [1]. Технологическая схема переработки титаномагнетитового концентрата включает двухстадийный высокотемпературный восстановительный обжиг с прямым получением чугуна, легированного ванадием, и титанового шлака с содержанием 62 % TiO₂, затем окислительный обжиг титанового шлака, его водное выщелачивание, термический гидролиз отфильтрованного осадка, прокатку с получением кремнистого рутилового концентрата (85,5 % TiO₂, 7,66 % SiO₂), его обескремнивание и получение кондиционного рутилового концентрата (92 % TiO₂, 1,7 % SiO₂) [2]. Объем инвестиций в проект оценивается в 2,586 млрд долл. США. Проект осуществляется совместно с китайскими компаниями Youbang Innovative Investment Limited, СМЕС, China Metallurgical Group Corporation, Xinjiang Zhongtai

(Group) Co. Ввод в эксплуатацию горно-химико-металлургического комплекса ожидается в 2025 г.

В *России* подготавливается к эксплуатации крупное ильменит-титаномагнетитовое месторождение Большой Сэйим в Амурской области. Месторождение приурочено к восточной части Куранахской ветви Каларского габбро-анортозитового массива, залегающего среди метаморфических пород архея и нижнего протерозоя на стыке Алданского щита и Становой складчато-блоковой системы.

Проект разработки месторождения Большой Сэйим открытым способом развивает компания ООО «Урал-майнинг», входящая в структуру гонконгской корпорации *IRC Limited*. Согласно подготовленному и согласованному с Роснедрами в 2018 г. проекту из добытой руды планируется получать ильменитовый концентрат (48,1 % TiO₂) и перерабатывать его в титановый шлак (88–91 % TiO₂), пригодный как для производства пигментного диоксида титана по хлорной технологии, так и металлического титана. Без дополнительного передела ильменитовый концентрат этого месторождения пригоден для производства пигментного диоксида титана по сульфатной технологии. По проекту первый этап отработки месторождения открытым способом 1,55 млн т/год руды должен начаться в 2022 г. и рассчитан на 22 года; переработка добытых ильменит-титаномагнетитовых руд будет осуществляться на обогатительной фабрике ООО «Олекминский рудник», уже перерабатывавшей руду Куранахского месторождения аналогичного типа в 2011–2016 гг. Фабрика будет производить 168 тыс. т/год ильменитового и 130 тыс. т/год титаномагнетитового концентратов. Второй этап разработки месторождения Большой Сэйим планируется начать в 2042 г.

В *Норвегии* осваивается метаморфогенное месторождение рутилоносных эклогитов Энгебофьеллет (Engelbøfjellet) на побережье Норвежского моря. Подготовительные работы ведет норвежская компания *Nordic Mining ASA*. Месторождение содержит 10,194 млн т руды категории proven с содержанием 3,81 % TiO₂ и 43,4 % гранатов и 31,702 млн т руды категории probable с содержанием 3,35 % TiO₂ и 39,5 % гранатов. Ресурсы месторождения составляют 97,5 млн т руды категорий Measured+Indicated с содержанием 3,87 % TiO₂ и 44,4 % гранатов; 132,2 млн т руды категории Inferred с содержанием 3,82 % TiO₂ и 42,5 % гранатов при бортовом содержании 3 % TiO₂ [10]. Разработку месторождения планируется вести в течение первых 16 лет (2022–2037 гг.) открытым способом с годовой производительностью 1,5 млн т руды с извлечением 33 тыс. т рутилового (95 % TiO₂) и 260 тыс. т гранатового концентратов, затем до 2050 г. подземным способом с такой же производительностью. В январе 2020 г. завершается подготовка Definitive feasibility study (DFS) и FEED; во втором квартале 2020 г. планируется начать строительство рудника и ввести его в эксплуатацию в третьем квартале 2022 г.

Наиболее успешно развиваются проекты освоения россыпных погребенных прибрежно-морских место-

рождений: в 2018 г. введены в эксплуатацию Волчанское месторождение и Матроновско-Анновский участок Малышевского месторождения на Украине, Атлас-Бунанарринг в Австралии; в январе 2019 г. начата разработка австралийского месторождения Катаби, в августе 2019 г. австралийского месторождения Амброзия.

Больше всего проектов по освоению россыпных месторождений титана существует в *Австралии*, в основном в прибрежно-морских россыпях Западно-Австралийской россыпной провинции в штате Западная Австралия и несколько проектов во внутриконтинентальной Южно-Австралийской россыпной провинции в штатах Южная Австралия, Виктория и Новый Южный Уэльс.

В конце ноября 2018 г. австралийская компания *Image Resources NL* ввела в эксплуатацию богатое по содержанию тяжелой фракции с высоким содержанием в ней циркона россыпное титан-циркониевое месторождение Бунанарринг (Boonaning) в штате Западная Австралия в 80 км к северу от столицы штата г. Перт. Месторождение расположено в пределах береговой равнины Сван в 30 км от побережья Индийского океана и приурочено к прибрежно-морским отложениям плейстоценовой формации Йоганап.

Строительство рудника началось в марте 2018 г. Ресурсы месторождения Бунанарринг категорий Measured+Indicated+Inferred при бортовом содержании тяжелой фракции 2,0 % оценены в 43,485 млн т со средним содержанием тяжелых минералов 5,6 %; в тяжелой фракции заключено 49 % ильменита, 2,2 % лейкоксена, 2,6 % рутила и 18,4 % циркона. Запасы категорий proved+probable составляют 19,858 млн т со средним содержанием тяжелых минералов 7,2 %; в тяжелой фракции находится 50,4 % ильменита, 1,8 % лейкоксена, 2,4 % рутила и 22,7 % циркона. Годовая проектная производительность рудника 3,7 млн т рудных песков с извлечением 240 тыс. т коллективного концентрата, содержащего 60 тыс. т циркона, 130 тыс. т ильменита, 6 тыс. т рутила и 4 тыс. т лейкоксена. Обработка ведется традиционным открытым способом. Коллективный концентрат транспортируется в порт Банбери, откуда морским транспортом направляется на переработку в Китай. Срок обработки месторождения 5 лет с потенциалом его продления еще на 3–4 года [7]. За 9 месяцев 2019 г. на руднике Бунанарринг добыто 2,344 млн т рудных песков, из которых получено 201,4 тыс. т коллективного концентрата, содержащего 24 % ZrO_2 и 33 % TiO_2 [8]. В процессе добычи была выявлена зона сверхбогатой руды протяженностью 60 м, шириной 4–6 м и мощностью 1–3 м содержащая до 95 % тяжелых минералов, среди которых до 70 % приходилось на циркон. В первом полугодии 2019 г. было добыто 2,7 тыс. т сверхбогатой руды, содержащей в среднем 78 % тяжелых минералов.

Также в штате Западная Австралия в 60 км к северо-западу от месторождения Бунанарринг находится россыпное титан-циркониевое месторожде-

ние Катаби (Cataby). На севере оно примыкает к разрабатываемому компанией *Tronox Limited* (США) россыпному титан-циркониевому месторождению Кулджарлу (Cooljarloo). Месторождение Катаби выявлено в 1970-х годах и с 2003 г. разведывалось и подготавливалось к освоению австралийской компанией *Iuka Resources Ltd*. В 2013 г. было подготовлено ТЭО разработки месторождения (Feasibility Study); в декабре 2017 г. было принято решение о строительстве рудника и в январе 2019 г. он был введен в эксплуатацию. Запасы категорий proved+probable месторождения Катаби составляют 120,4 млн т рудных песков, содержащих 5,7 % или 6,9 млн т тяжелых минералов, среди которых 60,2 % ильменита, 9,3 % циркона и 4,1 % рутила; оно протягивается вдоль побережья на 20 км при ширине около 3 км, коэффициент вскрыши 2:1. Срок обработки месторождения 8 лет с возможностью его продления еще на 4 года. Получаемый на руднике коллективный концентрат подвергается гравитационному и магнитному обогащению с получением магнитного ильменитового концентрата (375 тыс. т/год) и немагнитного концентрата (185 тыс. т/год), который отправляется на сепарационную фабрику компании в г. Нарнгулу, где он разделяется на рутиловый (30 тыс. т/год) и цирконовый (50 тыс. т) концентраты. Ильменитовый концентрат перерабатывается в синтетический рутил (200 тыс. т/год) на заводе в г. Кейпел. Синтетический рутил экспортируется из порта Банбери, а рутиловый и цирконовый концентраты из порта Джералдтон. За 9 месяцев 2019 г. на обогатительной фабрике переработано 195 тыс. т коллективного концентрата и произведено 97,3 тыс. т ильменитового концентрата; на сепарационной фабрике получено 9 тыс. т рутилового и 36,6 тыс. т цирконового концентратов [6].

В том же штате в 470 км севернее вблизи побережья залива Шарк-Бей штата австралийская компания *Strandline Resources Ltd* разведала и подготавливает к эксплуатации россыпное титан-циркониевое месторождение Коберн (Coburn). Месторождение, представленное эоловыми песками, залегающими на песчаниках, глинистых песчаниках и известняках мелового возраста, было открыто в 2000 г. ТЭО проекта разработки месторождения было подготовлено впервые в 2004 г., затем в 2010 г. Проект располагается на территории, граничащей с объектом Всемирного наследия ЮНЕСКО Шарк-Бэй, поэтому значительное время было затрачено на получение разрешений на проведение горных работ. После проведения дополнительных геологоразведочных работ компания завершила в апреле 2019 г. составление окончательного ТЭО проекта освоения месторождения Коберн. Выявленные ресурсы категорий Measured+Indicated+Inferred рудных песков месторождения, оцененные в ноябре 2018 г., при бортовом содержании 0,8 % тяжелых минералов составляют 1,606 млрд т песков со средним содержанием тяжелых минералов 1,2 %. Тяжелая фракция состоит на 48 % из ильменита, 22 % приходится на циркон, 7 % на рутил и 5 % на лей-

коксен; содержание глинистой фракции в песках всего 3 %. Запасы рудных песков категорий proved+probable согласно ТЭО составляют 523 млн т со средним содержанием тяжелых минералов 1,11 %. Планируется открытая отработка месторождения годовой производительностью 23,4 млн т песков в течение 22,5 лет (с возможностью продления до 37,5 лет) с получением 32 тыс. т цирконового концентрата премиального сорта (66 % ZrO_2), 58 тыс. т черного цирконового концентрата (28 % ZrO_2 и 11 % TiO_2), 20 тыс. т высокотитанистого (90 % TiO_2) рутил-лейкоксового и 110 тыс. т ильменитового (62 % TiO_2) концентратов [12]. Компания ведет переговоры по привлечению финансирования проекта, по завершению которого будет начато строительство рудника; его продолжительность составит 18 месяцев.

На северном побережье штата Западная Австралия на п-ове Дампьер австралийская компания *Sheffield Resources Ltd.* подготавливает к эксплуатации, открытое в 2012 г. гигантское россыпное титан-циркониевое месторождение Тандерберд (Thunderbird). Месторождение расположено в пределах осадочного бассейна Канниг-Бейсин (Canning Basin), существующего с раннеордовикской эпохи, и представляет собой пологопадающую пластовую россыпь длиной не менее 11 км и шириной от 2,5 км до 7 км, средней мощностью 47 м (максимальная 82 м), простирающуюся с поверхности до максимальной известной глубины 155 м, располагаясь в среднем на глубине 21 м. Пески месторождения тонкозернистые, содержание глинистых минералов 15–18 %; выделена богатая зона мощностью до 43 м, содержащая 11–14 % тяжелых минералов.

По величине ресурсов и содержанию титановых минералов и циркона месторождение Тандерберд сравнимо с разрабатываемым месторождением Бранд-се-Бай в ЮАР. Выявленные ресурсы месторождения категорий Measured+Indicated+ Inferred при бортовом содержании 3 % тяжелых минералов составляют 3,23 млрд т песков со средним содержанием тяжелых минералов 6,9 %. В тяжелой фракции заключено 8,3 % или 18,6 млн т циркона, 2,6 % или 5,9 млн т высокотитанистого лейкоксена (>94 % TiO_2), 2,9 % или 6,5 млн т лейкоксена (70–94 % TiO_2) и 28 % или 61,7 млн т ильменита.

Ресурсы рудных песков богатой зоны месторождения при бортовом содержании тяжелых минералов 7,5 % составляют 1050 млн т со средним содержанием тяжелых минералов 12,2 %, в том числе 3,3 % ильменита и 0,93 % циркона; в тяжелой фракции находится 27 % ильменита, 2,3 % лейкоксена, 2,1 % лейкоксена и 7,6 % циркона.

В июле 2019 г. были подсчитаны запасы месторождения категорий proved+probable; они составили 748 млн т рудных песков со средним содержанием тяжелых минералов 11,2 %, в том числе 0,86 % циркона (1,02 % в категории proved), 0,27 % высокотитанистого лейкоксена, 0,27 % лейкоксена, 3,11 % ильменита, содержание глинистой фракции 15 %. В тяжелой фракции находится 27,8 % ильменита, 7,7 % цирко-

на, 2,4 % высокотитанистого лейкоксена и 2,4 % лейкоксена [13].

В марте 2017 г. компанией *Sheffield Resources* было подготовлено банковское ТЭО (Bankable Feasibility Study) проекта разработки месторождения Тандерберд, которое было обновлено в июле 2019 г. Согласно обновленному ТЭО срок отработки месторождения составит 37 лет: в первые четыре года эксплуатации планируется добывать ежегодно открытым способом 10,4 млн т рудных песков, в дальнейшем производительность удвоится. В среднем в течение 37 лет ежегодное производство концентратов составит: 202 тыс. т цирконового (90 тыс. т премиального циркона с содержанием 66,2–66,6 % ZrO_2+HfO_2 и 112 тыс. т черного цирконового концентрата с содержанием 32–37 % ZrO_2+HfO_2 и 32–37 % TiO_2 для дальнейшего обогащения и сепарации) и 961 тыс. т ильменитового с содержанием 35–45 % TiO_2 , 46–50 % Fe_2O_3+FeO , 0,04–0,06 % Cr_2O_3 , 0,02 % CaO, 0,15–0,25 % MgO для производства титанового шлака как хлоридного, так и сульфатного сорта. Компания заключила контракты на поставку всего цирконового и ильменитового концентратов, которые будут выпущены в первые четыре года эксплуатации, и приступает к строительству предприятия, планируя ввести его в эксплуатацию во втором полугодии 2021 г.

Австралийская компания *WIM Resource Pty Ltd* ведет подготовку банковского ТЭО проекта разработки крупного россыпного титан-циркониево-редкоземельного месторождения пластового типа Авонбанк (Avonbank) в австралийском штате Виктория в Южно-Австралийской россыпной провинции (субпровинция Муррей-Бейсин). Пластовое рудное тело приурочено к верхнемиоценовым-нижнеплиоценовым пескам формации Локстон-Парилла (Loxton Parilla Sands) и простирается на 8,25 км при ширине 5,7 км и средней мощности 10 м, залегая на глубине 12–30 м от поверхности. Рудные пески тонкозернистые, образовавшиеся на мелководье.

Выявленные ресурсы месторождения категорий Measured+Indicated+ Inferred при бортовом содержании 3 % тяжелых минералов составляют 490 млн т песков со средним содержанием тяжелых минералов 4,0 %, в том числе 1,1 % циркона; содержании глинистой фракции 16 %. В тяжелой фракции находится 27 % ильменита, 20 % циркона, 16 % рутила, 8,8 % лейкоксена, 2 % монацита и 0,6 % ксенотима. Запасы месторождения категорий proved+probable оценены в 311,8 млн т рудных песков со средним содержанием тяжелых минералов 4,3 %; в тяжелой фракции 27 % ильменита, 15,4 % рутила, 8,6 % лейкоксена, 19,9 % циркона, 2,0 % монацита и 0,6 % ксенотима.

Согласно предварительному ТЭО, выпущенному в октябре 2018 г., месторождение может на первом этапе в течение 30 лет поддерживать ежегодное производство 450 тыс. т коллективного концентрата с извлечением из него 75–100 тыс. т цирконового (66,5 % ZrO_2), 7,5–10 т редкоземельного ксенотим-монацитового, 175 тыс. т ильменитового (57–60 % TiO_2) концентратов. Ильме-

нитовый концентрат можно перерабатывать как в титановый шлак, так и в синтетический рутил [15].

В апреле 2019 г. на месторождении введен в эксплуатацию опытный карьер, а в августе 2019 г. построена опытная обогатительная фабрика. Компания планирует приступить к строительству рудника в 2022 г. и ввести его в эксплуатацию в 2023 г.

Также в россыпной субпровинции Муррей-Бейсин китайско-австралийская компания *Astron Corporation Ltd.* подготавливает окончательное ТЭО проекта (Donald Mineral Sands project) по освоению двух крупных россыпных титан-циркониевых месторождений пластового типа Доналд (Donald) и Джексон (Jackson). При бортовом содержании 1 % тяжелой фракции выявленные ресурсы рудных песков месторождения Доналд по категориям Measured+Indicated+Inferred составляют 3225 млн т со средним содержанием тяжелых минералов 3,6 % и глинистой фракции 16,1 %; в том числе по категории Measured 715 млн т со средним содержанием тяжелой фракции 4,2 %; выявленные ресурсы рудных песков месторождения Джексон оценены по категориям Indicated+Inferred — 2487 млн т со средним содержанием тяжелых минералов 2,8 % и глинистой составляющей 18,5 %. В составе тяжелой фракции 32–33 % ильменита, 17–18 % лейкоксена, 8–9 % рутила и анатаза, 18–19 % циркона и 2 % монацита [3].

На опытной обогатительной фабрике компании в Австралии переработана 960-тонная валовая проба, отобранная на месторождении Доналд, и получено 30 т коллективного концентрата, который отправлен на сепарационную фабрику в Китай. По результатам опытных работ отрабатывается технологическая схема обогащения и сепарации мономинеральных концентратов и будет приниматься решение о финансировании проекта, который предполагается начать в 2020 г.

На юго-западном побережье *Мадагаскара* австралийская компания *Base Resources Ltd* в декабре 2019 г. подготовила окончательное ТЭО (Definitive Feasibility Study) разработки россыпного циркон-рутил-ильменитового месторождения Ранубе (Ranobe). Месторождение Ранубе представлено дюнными россыпями, протягивающимися вдоль побережья на 16 км при ширине 1–2 км и мощности от 20–30 м [4]. Россыпи состоят из трех расположенных друг над другом зон, наиболее богатая из которых верхняя выходит на поверхность и имеет мощность до 30 м. Пески рыхлые с низким содержанием глинистой составляющей (менее 5 %). Ресурсы рудных песков месторождения категорий Measured+Indicated+ Inferred при бортовом содержании 1,5 % тяжелых минералов оценены в 1293 млн т со средним содержанием тяжелых минералов 5,1 % (в составе тяжелой фракции 72 % ильменита, 2 % рутила, 6 % циркона), в том числе категории Measured 419 млн т со средним содержанием тяжелой фракции 6,6 %.

Проект предполагает обработку открытым способом участка месторождения, выходящего на поверх-

ность, с ресурсами 586 млн т рудных песков со средним содержанием тяжелых минералов 6,5 % в течение 33 лет. Планируется годовая добыча 13 млн т рудных песков в первые три года эксплуатации с дальнейшим увеличением до 19 млн т и производство 780 тыс. т ильменитового, 53 тыс. т цирконового и 7 тыс. т рутилового концентратов. Строительство рудника предполагается начать в последнем квартале 2020 г. и ввести его в эксплуатацию во второй половине 2022 г. Предусматривается мокрое гравитационное обогащение песков, магнитная, электростатическая и гравитационная сепарация для выделения ильменитового (три сорта: сульфатный, для производства хлоридного шлака и хлоридный), рутилового и цирконового концентратов.

В *Мозамбике* китайская компания *Dingsheng Minerals (Anhui Foreign Economic Construction Group, Китай — 85 %, Empresa Moçambicana de Exploração Mineira, Мозамбик — 15 %)* с 2014 г. Ведет подготовку к эксплуатации части Западного блока месторождения Дипозит-1 (Deposit 1) из гигантской группы месторождений Корридор-Сандс (Corridor Sands), приуроченных к плейстоценовым дюнным пескам в провинции Газа на юге Мозамбика. Выявленные ресурсы подготавливаемой к эксплуатации части месторождения Дипозит-1 составляют 678 млн т рудных песков со средним содержанием тяжелых минералов 6 %. Компания планирует вести разработку месторождения в течение 15 лет и выпускать ежегодно около 1 млн т титановых концентратов, начиная с 2020 г.

Десятилетием ранее в 2004–2009 гг. наиболее разведанный Западный блок месторождения Дипозит-1 подготавливала к эксплуатации компания *BHP Billiton*. Проект освоения месторождения предусматривал в течение первых трех лет достижения добычи 15 млн т песков в год и производства 250 тыс. т/год титановых шлаков, а в течение следующих 12 лет увеличение добычи песков до 60 млн т и производства титановых шлаков до 1 млн т. Капиталовложения в проект оценивались в 800 млн долл. США. Минимальный срок разработки месторождения оценивался в 50 лет. Осуществление проекта откладывалось из-за нерешенности вопроса с поставками электроэнергии, которая очень дефицитна в Мозамбике, а в 2009 г. компания отказалась от проекта в связи с непомерно высокими затратами.

В провинции Инхамбане на побережье Мозамбикского пролива британская компания *Savannah Resources Plc* совместно с компанией *Rio Tinto Plc (Savannah Resources 20 %. Rio Tinto 80 %)* подготавливает к эксплуатации россыпные титан-циркониевые месторождения группы Мутамба (Mutamba) — Жангамо (Jangamo), Донгане (Dongane) и Равене (Ravene). Выявленные ресурсы категорий Indicated+Inferred рудных песков в месторождениях группы Мутамба оцениваются в 4,4 млрд т со средним содержанием тяжелых минералов 3,9 %, в том числе 2,4 % ильменита, 0,06 % рутила и 0,11 % циркона. В тяжелой фракции 60 % приходится на ильменит. На месторождении Равене

была выявлена богатая зона с ресурсами категории Inferred 92 млн т песков, содержащих 6,2 % тяжелой фракции.

В 2017 г. было подготовлен отчет по оценке ресурсов месторождений (Scoping Study), согласно которому планировалась отработка 451 млн т рудных песков со средним содержанием тяжелых минералов 6 % в течение 30 лет комбинированным рудником (дражный + открытый) годовой производительностью 15 млн т песков с извлечением 456 тыс. т ильменитового и 118 тыс. т немагнитного концентратов; ввод рудника в эксплуатацию предполагался в 2020 г. В том же году было начато выполнение предварительного ТЭО (Pre-Feasibility Study) разработки, завершение которого ожидается в начале 2020 г. [11].

В декабре 2019 г. компания получила две горные лицензии на месторождение Донгане и часть месторождения Жангамо и ожидает получения третьей лицензии на остальную часть месторождения Жангамо.

В *Танзании* австралийская компания *Strandline Resources Ltd.* с 2014 г. ведет геологоразведочные работы на титан-циркониевые россыпи и подготовила к освоению месторождение Фунгони (Fungoni), приуроченное к древней береговой линии и расположенное в 10 км от современного побережья в 25 км юго-восточнее столицы страны г. Дар-эс-Салам. Неконсолидированные песчаные россыпи располагаются на поверхности и могут разрабатываться обычным карьерным способом. В 2016 г. компания подготовила отчет по оценке ресурсов (Scoping Study), а в 2017 г. ТЭО (Definitive Feasibility Study) проекта разработки месторождения Фунгони, обновленное в ноябре 2018 г. Выявленные ресурсы месторождения категорий Measured+Indicated составляют 21,74 млн т рудных песков, содержащих в среднем 2,8 % тяжелых минералов (при бортовом содержании 1,0 %), среди которых 40,7 % ильменита, 16,9 % циркона, 4,3 % рутила, 1,2 % лейкоксена и 22 % глинистой фракции. Запасы месторождения категорий proven+probable оценены в 12,3 млн т рудных песков с содержанием тяжелой фракции 3,9 %, глинистой — 19 %. Первая очередь проекта предполагает годовую добычу 2 млн т песков в течение 6,2 лет с получением из них 197,1 тыс. т ильменитового, 15,6 тыс. т рутилового, 82,5 тыс. т цирконового и 7,1 тыс. т монацитового концентратов [12]. На руднике после мокрого обогащения и сепарации будут выпускаться ильменитовый и рутиловый концентраты и циркон-монацитовый неразделенный продукт, которые будут экспортироваться из порта Дар-эс-Салам. В 2018 г. *Strandline Resources* заключила соглашения с китайскими компаниями: *Hainan Wensheng High-Tech Materials Co. Ltd.* на поставку всего циркон-монацитового продукта, который будет получен на руднике для разделения его на цирконовый и монацитовый концентраты, и *Maoming Ubridge Group Mineral Industry Co.* на поставку всего ильменитового концентрата. Генеральным подрядчиком по строительству будущего горно-обогательного комплекса выбрана австралийская инжини-

ринговая компания *GR Engineering Services Ltd.*; кредит на частичное финансирование проекта предоставляет *Nedbank CIB* (ЮАР).

Высокие перспективы имеет проект британской компании *Bluejay Mining plc* по разведке и подготовке к освоению россыпного прибрежно-морского магнетит-ильменитового месторождения Дундас (Dundas) на побережье моря Баффина в Северо-Западной *Гренландии*. Месторождение расположено в россыпной провинции Туле (Thule black sand province), протягивающейся вдоль побережья на несколько сотен километров от мыса Александра на севере до мыса Эдварда Хольма на юге. Минерализация находится как в современных пляжевых, так и в приподнятых на 60 м над поверхностью моря дюнных россыпях на береговой равнине, а также в затопленных пляжевых россыпях. Россыпная минерализация представлена ильменитом и магнетитом; содержание ильменита достигает 60 % и составляет в среднем 37 %; на современном пляже содержание ильменита в песках достигает 70 %, а в дельте реки Итерлак — 80 %. Основным источником ильменита является докембрийский комплекс базальтоидных (долериты) силлов и даек, интродуцированных в докембрийский фундамент. Базальтоидные породы имеют необычно высокое содержание титана — до 5,25 %. Ильменит содержит 46–48 % TiO_2 и имеет повышенное содержание ванадия (в среднем 0,6 % V_2O_5) и низкое содержание CaO (0,1 %) и MgO (0,67 %), а также низкое содержание урана и тория. Благодаря низкому содержанию оксидов кальция и магния из ильменита может быть получен титановый шлак с высоким содержанием TiO_2 как для хлорного, так и для сульфатного производства. В магнетите определены высокие содержания титана, ванадия, кобальта (10,07 % TiO_2 , 1,39 % V_2O_5 , 1004 ppm CoO).

По данным переоценки, проведенной в апреле 2017 г., ресурсы магнетит-ильменитовых песков месторождения, заключенные в пляжевой и террасовых россыпях, оценены по категориям indicated+inferred в 101 млн т со средним содержанием ильменита 7,1 % или 3,4 % TiO_2 , в том числе 88 млн т категории Indicated (6,1 % ильменита, 3,1 % TiO_2). Было подготовлено предварительное ТЭО проекта разработки месторождения (PFS) и подсчитаны запасы при бортовом содержании 1,6 % TiO_2 — 67,1 млн т песков со средним содержанием [5]. Компания планирует разведать дополнительно 20–60 млн т песков с содержанием 6–10 % ильменита на перспективном участке в дельте реки Итерлак.

Согласно PFS проект предполагает непрерывную автоматизированную открытую добычу песков, мокрое гравитационное и сухое магнитное обогащение с ежегодным производством 440 тыс. т ильменитового концентрата. Срок отработки 10 лет с последующим его значительным увеличением за счет разведки дополнительных ресурсов.

В *России* наиболее близко к освоению россыпное Туганское циркон-рутил-ильменитовое месторожде-

ние в Томской области, подготавливаемое к разработке компанией АО «Туганский ГОК «Ильменит». Туганское месторождение представляет собой погребенную прибрежно-морскую россыпь, заключенную в песках кусковской свиты эоцен-олигоценного возраста, состоящую из пяти разобнесенных участков. На самом крупном Кусковско-Ширяевском участке рудный пласт средней мощностью 7,6 м залегает на глубинах 10–98 м и сложен слабглинистыми кварцевыми песками с цирконом (14 кг/м³), ильменитом (32 кг/м³), рутилом и лейкоксеном (6 кг/м³). На Южно-Александровском участке рудный пласт мощностью около 5 м залегает на глубине 7 м; пески содержат в среднем 12 кг/м³ циркона, 34 кг/м³ ильменита, 5 кг/м³ рутила и лейкоксена. Месторождение является крупнейшим из российских россыпных по запасам диоксида циркония и вторым по величине по запасам диоксида титана. Оно содержит запасы кат. В+С₁ — 2,501 млн т диоксида титана и 982,8 тыс. т диоксида циркония, а также забалансовые запасы 3,762 млн т диоксида титана, и 1,326 млн т диоксида циркония; в качестве попутных компонентов запасы кат. С₂ — 16,686 тыс. т оксида гафния и 587,7 т скандия, а также забалансовые запасы 18,815 тыс. т оксида гафния и 733,4 т скандия. Пески месторождения содержат в среднем 19,62 кг/м³ TiO₂, 7,72 кг/м³ ZrO₂, 131,4 г/м³ HfO₂, 4,63 г/м³ Sc. В распределенном фонде находятся Кусковско-Ширяевский и Южно-Александровский участки, в которых заключены все балансовые запасы.

На Южно-Александровском участке месторождения в 2005–2016 гг. компанией АО «Туганский ГОК «Ильменит» проводилась опытно-промышленная добыча с последующим обогащением на опытной фабрике по гравитационно-электромагнитной схеме с получением ильменитового (с содержанием 59,2 % TiO₂) и рутил-лейкоксенового (89,88 % TiO₂) концентратов, отвечающих требованиям производства металлического тита-

на, цирконового концентрата, а также каолинового продукта и кварцевых песков в качестве попутной продукции. В мае 2019 г. ГКЗ утвердила ТЭО постоянных кондиций для Кусковско-Ширяевского и Южно-Александровского участков месторождения для отработки открытым способом. Согласно лицензионному соглашению завершение проектирования и начало строительства горно-обогатительного комбината должно начаться в 2019 г., ввод в эксплуатацию — в 2021 г., срок эксплуатации согласно ТЭО постоянных разведочных кондиций составит 20 лет, а срок отработки всех запасов — 43–45 лет. Инвесторами проекта выступают Госкорпорация «Ростех» и частный фонд *Izurium Capital* (Великобритания). ГОК будет добывать ежегодно 3,038 млн м³ песков и получать из них 65 тыс. т ильменитового, 7 тыс. т рутил-лейкоксе-

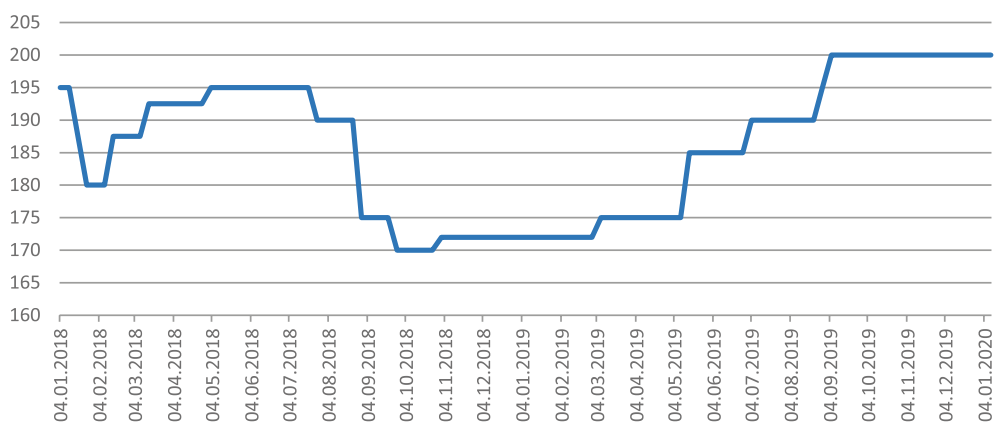


Рис. 3. Динамика цены ильменитового концентрата (47–79 % TiO₂) производителей Китая, поставка навалом, CIF, в 2018–2019 гг., долл./т по данным Industrial Minerals

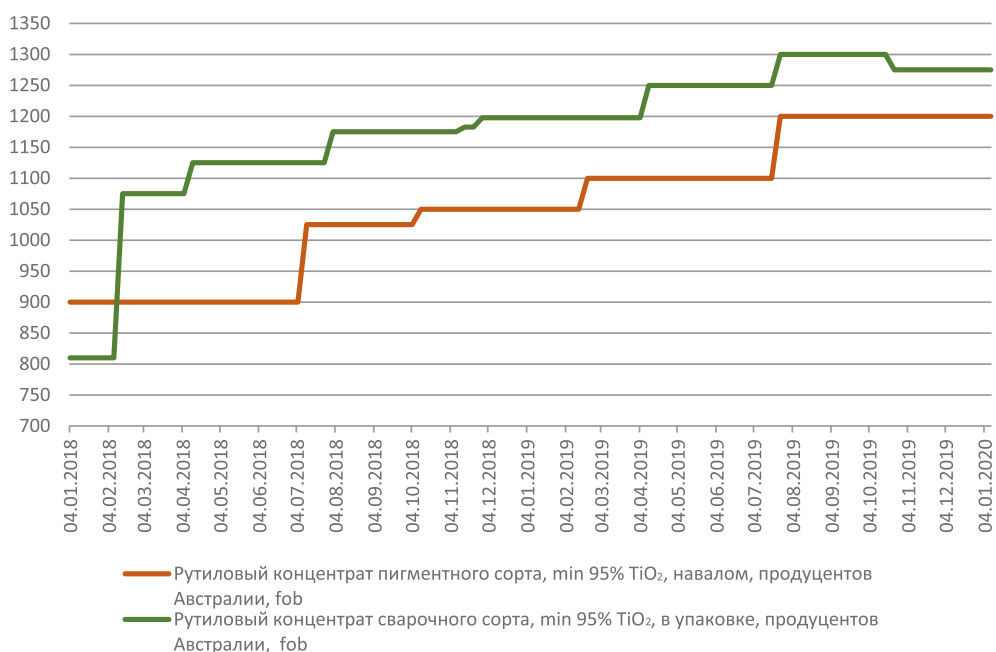


Рис. 4. Динамика цены рутилового концентрата (95 % TiO₂) пигментного и сварочного сортов производителей Австралии, FOB, в 2018–2019 гг., долл./т по данным Industrial Minerals

нового, 29 тыс. т цирконового концентратов, а также 61 тыс. т кварцевых фракционированных песков, 1014 тыс. т кварцевых стекольных песков и 852 тыс. т щебня.

Таким образом, большая часть из перечисленных проектов может вступить в эксплуатацию в 2022 г. Их своевременному осуществлению будет способствовать положительная динамика на рынке титанового сырья (рис. 3, 4), которая в свою очередь определяется обнадеживающей динамикой роста потребления диоксида титана, используемого главным образом в качестве белого пигмента в лакокрасочной промышленности, в качестве наполнителя в производстве пластмасс, бумаги, резинотехнических изделий; спрос на него четко коррелируется с ростом и падением мирового ВВП. Еще в конце 2019 г. рост мирового ВВП в 2020 г. прогнозировался на уровне 2,7 %, а в 2021 г. — 2,9 %, что могло быть надежной базой для роста потребления диоксида титана, которое согласно прогнозу аналитической компании *Artikol*, выросло бы на 4,6 % в 2020 г. и на 4,7 % в 2021 г. Однако разразившаяся в Китае и затем во всем мире пандемия коронавируса вероятно заметно снизит темпы мировой экономики, но пока рано делать далеко идущие прогнозы.

Рост цен на ильменитовый концентрат в 2019 г. был вызван также ограничением его поставок на мировой рынок из-за резкого сокращения его производства в Индии и Вьетнаме, вызванного запретом на добычу песков тяжелых минералов в индийских штатах Тамилнад и Андхра-Прадеш и изменением условий выдачи экспортных квот во Вьетнаме. Снижение цены китайского ильменитового концентрата в 2018 г. произошло из-за переизбытка на мировом рынке ильменита сульфатного сорта, к которому относится китайский концентрат, в то время как сырье хлоридного сорта оставалось дефицитным в связи с ростом мощностей по производству диоксида титана по хлоридной технологии. Непрекращающийся рост цен на австралийский рутиловый концентрат обязан истощению ресурсов и завершению отработки нескольких месторождений в россыпной титан-циркониевой провинции Муррей-Бейсин и на острове Норт-Страдбрук (Восточно-Австралийская россыпная провинция). Уже в 2018 г. мировое производство рутиловых концентратов сократилось на 9 % по сравнению с предыдущим годом. Без ввода новых предприятий к 2022 г. оно может сократиться вдвое. Согласно прогнозу аналитической компании TZMI именно 2022 г. будет переломной точкой, после которой начнется сокращение производства ильменитовых концентратов на действующих горно-обогачительных предприятиях. Поэтому ввод в эксплуатацию подготавливаемых к разработке месторождений просто необходим для дальнейшего развития мировой промышленности по производству как пигментного диоксида титана, так и металлического титана.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Инвестиционные возможности Казахстана*. Нишевые проекты. Август 2018. 10.09.2019. https://invest.gov.kz/upload/files/teasers_rus_10-09-2019.pdf (дата обращения: 5.12.2019).
2. *Найбаев, М.* Есть технология для сложного сырья. / М. Найбаев, С. Терехов, Н. Лохова, Г. Малдыбаев // Горно-металлургическая промышленность. — 2016. — № 3. — С. 44–47.
3. *Astron*. Annual Report for the Year ended 30 June 2019. <http://www.astronlimited.com.au/getattachment/5e0ff07e-59dd-417b-b04b-091a440c7472/2019-Annual-Report.aspx> (дата обращения: 5.10.2019).
4. *Base Resources*. Market Releases. DFS reinforces Toliara Project's status as a world class mineral sands development. 12 December 2019. https://www.baseresources.com.au/wp-content/files/191212_BSE_ASX_Toliara_DFS_summary_FINAL.pdf (дата обращения: 15.12.2019).
5. *Bluejay mining plc*. Project Description for SIA. Dundas Ilmenite Project. https://bluejaymining.com/wp-content/uploads/2019/08/Project-description_UK2.pdf (дата обращения: 5.11.2019).
6. *Iluka*. Quarterly Review 30 September 2019. 31.10.2019. <https://www.iluka.com/getattachment/36687576-eade-49d8-aabf-f89ea4c187ce/quarterly-review-30-september-2019.aspx> (дата обращения: 5.10.2019).
7. *Image Resources*. Presentation. Australia's newest mineral sands miner. Boonanarring Mineral Sands Project. Resources Stocks Conference. 30 September–1 October 2019. Sydney. <http://www.imageres.com.au/images/joomd/156991206620191001InvestorPresentation-ResourcesStocksConference.pdf> (дата обращения: 5.12.2019).
8. *Image Resources*. Quarterly Activities Report — for the quarter ended 30 September 2019. 31.10.2019 <http://www.imageres.com.au/images/joomd/157248277520191031QuarterlyActivitiesandCashflowReports.pdf> (дата обращения: 15.12.2019).
9. *Neometals*. Annual Report to Shareholders 2019. 17.10.2019. <https://www.neometals.com.au/reports/2019-10-17-6443-AnnualRepo.pdf>. (дата обращения: 13.01.2020).
10. *Nordic Mining ASA*. Increased resource estimates for the Engebo deposit. 08.06.2018. <https://tools.eurolandir.com/tools/Pressreleases/GetPressRelease/?ID=3530790&lang=en-GB&companycode=n-nom&v> (дата обращения: 5.10.2018).
11. *Savannah Resources PLC*. Annual Report and Financial Statements for the Year ended 31 December 2018. <http://www.savannahresources.com/cms/wp-content/uploads/2019/05/Financial-Statements-31-Dec-2018.pdf> (дата обращения: 13.01.2020).
12. *Strandline Resources Limited*. Annual report for the year ended 30 June 2019. 30.09.2019. http://www.strandline.com.au/irm/PDF/2949_0/AnnualReporttoShareholders (дата обращения: 5.10.2019).
13. *Sheffield Resources Limited*. Annual Report 2019. 11.09.2019. http://www.sheffieldresources.com.au/irm/PDF/3375_0/AnnualReporttoShareholders (дата обращения: 15.12.2019).
14. *TNG Limited*. ASX Announcements. Update on Front-end Engineering and Design for the Mount Peake project. 19.08.2019. http://clients2.weblink.com.au/news/pdf_1%5C02134833.pdf (дата обращения: 10.11.2019).
15. *WIM Resources*. Projects. Avonbank. 07.2019. <http://www.wimresource.com.au/irm/content/avonbank.aspx?RID=312> (дата обращения: 20.12.2019).

© Ремизова Л.И., 2020

Ремизова Людмила Ивановна // remizova@vims-geo.ru