

Состояние и перспективы развития российского производства циркония

Цветков П.С., к.э.н., ведущий научный сотрудник института экономических проблем, Кольский научный центр РАН

Аннотация. В статье представлен краткий обзор состояния минерально-сырьевой базы циркония России. Рассмотрены наиболее перспективные месторождения и обозначены регионы, имеющий значительный ресурсный потенциал к развитию добычи циркония. Представлен обзор производства и потребления циркония на мировых рынках. Показана возможность развития российских месторождений циркония для выхода на международные рынки и обеспечения внутренних потребностей страны.

Ключевые слова: цирконий, бадделеит, минеральные ресурсы, цены, циркон, производство, потребление.

State and prospects of Russian zirconium production development

Tsvetkov P.S., PhD in economics, leading researcher at the Institute of economic problems, Kola research center of RAS

Annotation. The article presents a brief overview of the state of the Russian zirconium mineral resource base. The most perspective deposits are considered and the regions with considerable resource potential are discussed. The overview of production and consumption of zirconium in the world markets is presented. The possibility of Russian zirconium deposits to enter international markets and satisfy domestic needs of the country is shown.

Keywords: zirconium, baddeleyite, mineral resources, prices, zircon, production, consumption.

Введение

Актуальной проблемой современной экономики России является низкий уровень развития промышленного производства, выраженный в отсутствии мощностей для глубокой переработки минерального сырья. Наличие мощностей исключительно первичной переработки определяет необходимость экспорта минерально–сырьевой продукции с минимальной добавленной стоимостью и импорта, по сути, того же сырья, обработанного на зарубежных предприятиях. Также нередка ситуация, когда, обладая достаточной производственной мощностью, весь произведенный продукт идет на экспорт из-за более привлекательных цен, а внутренний спрос удовлетворяется за счет импорта.

Примером этого может служить ситуация на рынке циркония, который, несмотря на сравнительно низкие объемы производственных мощностей (мировое производство порядка 1,5-2 млн.т. в год), является стратегическим ресурсом для ряда отраслей промышленности.

Сферы применения циркониевой продукции

Цирконий – цветной металл, который, несмотря на существенные запасы, часто относят к группе редких элементов из-за его сильной децентрализации в земной коре. В природе цирконий не встречается в чистом виде, однако, насчитывается около 40 минералов, в которых цирконий присутствует в виде окислов или солей, наиболее распространёнными из которых являются бадделеит (ZrO_2) и циркон ($ZrSiO_4$) [1]. Области применения циркония достаточно обширны, что обусловлено его высокой износоустойчивостью и теплопроводностью, низкой степенью взаимодействия с другими металлами и пр. [2].

Основным направлением использования циркония является производство керамических изделий (53,4%). Кроме того, его применяют в литейном производстве (13,6%), производстве огнеупорных кирпичей и прочих огнеупорных материалов (12,6%), в химической промышленности (14,8 %), ядерной энергетике (0,5%), электронике (3 %) и пр. (2,1 %) [3].

Учитывая относительно высокую стоимость циркона, в ряде отраслей существует тенденция к использованию его товаров заменителей [4]:

- при производстве огнеупорных материалов: боксит, хромит, графит, магнезит, оливин, силлиманит и др.;
- в литейной промышленности: боксит, хромит, некоторые глины, оливин, перлит, кремниевый песок, вермикулит;
- при производстве абразивов: полевой шпат, магнетит, гематит, оливин, пемза, перлит, ильменит и др.

Однако порядка 80% рынков циркониевой продукции заменителей не имеет, например, в ядерной энергетике, где металлический цирконий является основным компонентом для производства сплавов, используемых для изготовления оболочки тепловыделяющих элементов [5, 6].

Запасы циркония в России

Россия обладает существенными балансовыми запасами циркония – 11,6 млн.т. А забалансовые запасы оцениваются в 12,3 млн.т. По их сумме Россия занимает третье в мире место [7]. Крупнейшими запасами циркония обладают Австралия (31,86%) и Южная Африка (8,74%). На долю Украины, США, Индии и Бразилии приходится от 3% до 1% мировых запасов.

Государственным балансом России учитывается 17 месторождений циркония, из которых: 11 месторождений – россыпные, 5 – коренные, 1 - техногенное. Наиболее перспективными месторождениями с точки зрения объема запасов полезных ископаемых являются [8, 9]:

1. Карбонатитовое Ковдорское месторождение (Мурманская область). Разрабатывается предприятием ОАО «Ковдорский ГОК». Запасы категорий А+В+С1 оцениваются в 1,2 млн.т. (10% суммарных запасов России). В 2013 г., по результатам геологоразведки месторождения, получен прирост разведанных запасов бадделеит-апатит-магнетитовых руд на 994,2 тыс.т. (7% от общих запасов страны). С учетом перспективных запасов категории С2, суммарные запасы Ковдорского месторождения составляют 2,34 млн.т. (20 % суммарных запасов России). Среднее содержание ZrO_2 в рудах составляет 0,15%.

2. Россыпное месторождение «Туганское» (Томская область). Разрабатывается предприятием ЗАО «Туганский ГОК «Ильменит»». Запасы циркон-рутил-ильменитовых руд категории А+В+С1 оцениваются в 980,5 тыс.т. (8,5 % от общих запасов). Содержание ZrO_2 составляет 7,72 кг./м³.

3. Россыпное месторождение «Центральное» (Тамбовская область). Запасы циркон-рутил-ильменитовых руд по категориям А+В+С1 оцениваются в 830,2 тыс.т. Содержание ZrO_2 составляет 3-6,5 кг./м³.

4. Россыпное циркон-рутил-ильменитовое месторождение «Лукояновское» (Нижегородская область). Запасы по категориям А+В+С1 оцениваются в 346,4 тыс.т. На этом месторождении самые богатые цирконовые руды в России – содержание ZrO_2 составляет 13 кг./м³.

5. Коренное месторождение циркон-пирохлор-криолитовых руд «Катугинское» (Забайкальский край). Доля запасов категорий А+В+С1 составляет, порядка 3% (361,2 тыс.т.) от суммарных запасов России, а категории С2 – 2,7 млн.т. Среднее содержание ZrO_2 в руде составляет 1,58%.

6. Коренное циркон-пирохлор-колумбитовое месторождение «Улуг-Танзекское» (Республика Тыва) относится к нераспределенному фонду. Запасы категорий А+В+С1 оценены в 1,9 млн.т., а категории С2 – 964,8 тыс.т. Среднее содержание ZrO_2 в руде составляет 0,4%.

7. Редкометальное Ловозерское месторождение. Содержание ZrO_2 в апатит-нефелин-сиенитовых рудах участка Аллуайв составляет от 1,83% до 5-9%, а суммарные забалансовые запасы оцениваются в 7,28 млн.т.

Таким образом, большая часть запасов циркония России находится в труднообогатимых коренных рудах. Легкообогатимые россыпные месторождения составляют в балансе страны только 28% и, как правило, имеют достаточно большую глубину залегания и низкое содержание ZrO_2 .

Несмотря на существенные запасы циркония, доля России в его мировом выпуске составляет менее 1%. Крупнейшие мировые производственные мощности по добыче циркония расположены в Австралии (порядка 40%) и

Южной Африке (20-25%). Значительную долю в мировом производстве занимают США (7,4%), Индонезия (7,7%) и Китай (8,99% при суммарных запасах менее 0,5% от общемировых) [10, 11]. При этом, в Китае находится 88% мировых химических производственных мощностей, перерабатывающих цирконий [12].

В России практически весь объем циркония добывается на ОАО «Ковдорский ГОК», который осуществляет комплексную добычу и переработку бадделеит-апатит-магнетитовых с получением бадделеитового концентрата как конечного продукта, а также переработку запасов техногенного месторождения. Такие руды считаются крайне ценными, так как себестоимость производства циркониевых соединений из них самая низкая. На сегодняшний день Ковдорское месторождение – единственное в мире, обладающее запасами этих руд. За рубежом запасы бадделеита имелись только в месторождении Палабора в Южной Африке, но к 2001 г. они были полностью отработаны. Объекты карбонатитового типа с бадделеитсодержащими рудами известны и в других регионах России [9].

В 2013 году на Туганском месторождении была запущена опытно-промышленная линия производства цирконового концентрата. В результате переработки, из 47,7 тыс.т. рудных песков, содержащих 0,4% ZrO_2 , было получено 121 т цирконового концентрата.

Помимо указанных месторождений, существует значительный ресурсный потенциал для развития российской циркониевой промышленности подробно рассмотренный в работе [9]. Среди перспективных районов добычи можно выделить: Приволжский округ Сибири, Забайкалье, Тамбовская область, Нижегородская область, Ставропольский россыпной район.

Мировые запасы циркония

Россия является третьим мировым производителем изделий из циркония и его сплавов и занимает 18% мирового рынка циркониевого проката [8]. Предприятия по переработке и производству циркониевой продукции находятся в Республике Удмуртия, Московской, Пермской, Ленинградской области,

Свердловской областях и других регионах. Среди производимой продукции российских предприятий: металлический цирконий, сплавы на основе циркония, керамика, огнеупоры и пр.

Экспорт циркония России составляет порядка 95% от объема добычи (в Европу, Японию, Китай и США). В то же время внутренний спрос на цирконий составляет 8-9 тыс.т. в год. Иными словами, потребность российских предприятий в цирконе удовлетворяется исключительно за счет импорта [9, 13].

Крупнейшими мировыми импортерами циркония являются: Европейские страны (Испания (100 тыс.т.), Италия (56,57 тыс.т.), Франция (27,05 тыс.т.), Германия (26,65 тыс.т.), Бельгия (17,03 тыс.т.), Великобритания (7,49 тыс.т.) [14]), а также Китай и Япония [15]. Порядка 80-85% циркония, добытого и переработанного на производственных мощностях Китая, экспортируется в Японию, США и Европу [16, 17].

Крупнейшими мировыми компаниями по добыче циркония являются Лука Resources Ltd (Австралия, США), Richards Bay Minerals (Южная Африка), Еххаго (Южная Африка). На их долю приходится, соответственно, 34%, 18% и 15% мирового объема добычи циркония [3]. Добыча лидирующих компаний ведется, по большей части, на россыпных месторождениях циркония (95%).

Спрос на цирконий характеризуется высокой эластичностью по цене [18]. В то же время рынок циркония достаточно медленно реагирует на влияние внешних макроэкономических факторов, что показал международный экономический кризис 2009 года, по окончании которого профицит составил 157 тыс.т. (среднестатистический для этого рынка). При этом, более половины этого объема приходилось на Индонезию.

По данным Государственного доклада о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2013 году [8] и ИАЦ Минерал [19] средние цены на цирконовый концентрат в 2011 году достигли 1800-2400 USD/т. (в 2-2,5 раза выше, чем в 2010 году), в зависимости от содержания циркония и страны-производителя. Вместе с тем, цена на бадделеитовый концентрат выросла незначительно – с 3250 USD/т. до 3350

USD/т. Эта ситуация привела к увеличению объема сбыта бадделеитового концентрата Ковдорского ГОКа на 3 тыс.т. (30 %). Однако, в 2013 году, из-за сокращения спроса на цирконий со стороны Китая и расширением рынка товаров заменителей, его цена опустилась до 1450 USD/т., а в 2014 г. до 1200 USD/т.

Перспективы развития мировой циркониевой промышленности

В последние годы ведутся активные работы по реализации проектов добычи циркония в Австралии, Мозамбике, Танзании, Мадагаскаре и других странах. Так, например, в ближайшие годы планируется запуск проекта «Dubbo Zirconia» (Новый Южный Уэльс, Австралия). Расчетный срок эксплуатации месторождения – 20 лет. Годовая производственная мощность по циркону – 16 тыс.т. Кроме того, на месторождении планируется добыча ниобия, тантала, итрия, гафния и других редкоземельных элементов [20].

В 2014 году была начата разработка трех крупных россыпных месторождений [7]. Первый – проект «Torgmin» в Южной Африке, месторождение «Холобени». Запуск производства произошел в феврале 2014 года. Срок эксплуатации месторождения, при годовой производственной мощности 48 тыс.т. (содержание ZrO_2 – 81%) концентрата, составляет 4 года [21].

Второй – проект «Kwale», запущенный в феврале 2014 года, в Кении. Производство циркона, как ожидается, будет на уровне 30 тыс.т. в год. Срок эксплуатации составит 13 лет (подробнее в [22]).

Третий – проект «Grand Cote», в Сенегале, запущен в августе 2014 г. Годовая производственная мощность предприятия составляет 80 тыс.т. циркона в год. Срок эксплуатации более 20 лет [23, 24].

Таким образом, несмотря на существующий профицит циркониевой продукции, а также падение спроса в результате искусственного завышения цен, по оценкам экспертов Credit Suisse [25], в мире продолжается наращивание мощностей по добыче и переработке этого сырья. Надежность подобным проектам придает комплексный характер руд, из которых осуществляется

добыча циркония, и, в результате обогащения которых, добывают ряд других полезных компонентов.

По оценкам Alkane Ltd [26], несмотря на определенный дисбаланс спроса и предложения, потребность в цирконии ежегодно растет на 2-3%. Так, к 2020 г. спрос на цирконий может увеличиться (по сравнению с 2012 г.) на 48-72% в зависимости от ряда макро- и микроэкономических факторов. Аналогичную, хоть и не столь долгосрочную, тенденцию предсказывают специалисты Credit Suisse [27].

По оценкам специалистов компании Pluka [28] рост потребности в циркониевой продукции будет расти, но значительно меньшими темпами. Так, при оптимальном варианте, объем потребления в 2020 г. будет на 35,3% выше, чем в 2013 г. При наихудшем варианте – выше на 20%.

По оценкам специалистов DERA и Roskill [18, 29], мировой объем производства циркония, начиная до 2020 г. будет стабильным. Увеличение производственных мощностей планируется только в связи с вводом в эксплуатацию указанных выше объектов. Увеличение объема добычи циркония российскими предприятиями, исходя из указанных исследований, не предвидится.

В 2020г. объем производства начнет резко снижаться. Это вызвано истощением большинства крупных месторождений Австралии [30], а также принудительным закрытием месторождения на севере острова Страдбрук из-за ужесточения экологических стандартов.

Исходя из источников [26, 18, 29], к 2020 г., при сохранении высокого темпа роста потребления циркониевой продукции, на рынке сформируется дефицит, превышающий 400 тыс.т. Однако в случае снижения темпов роста спроса (что представляется маловероятным), на рынке, несмотря на снижение объема производства, сохранится профицит продукции (более 150 тыс.т.). В этой ситуации крайне перспективными являются месторождения ЮАР, которые могут быть введены в разработку после 2020г. Они являются достаточно крупными, а также характеризуются низкой себестоимостью добычи и

обогащения руд [31]. Также эта ситуация может принести положительный результат для российских предприятий, в случае начала разработки наиболее перспективных месторождений циркония.

Заключение

Цирконий представляет из себя ценный минеральный ресурс, который, в зависимости от качественных характеристик, может быть использован в ряде самых разных отраслей промышленности, начиная со стоматологии и заканчивая ядерной энергетикой. При этом порядка 80% рынка циркониевой продукции не имеет товаров заменителей.

Россия, имея крупную сырьевую базу циркония (третье место в мире), развивает ее чрезвычайно медленно из-за отсутствия легко осваиваемых поверхностных и близповерхностных россыпных месторождений. Перспективными регионами для освоения, помимо уже разведанных месторождений, являются Приволжский округ Сибири, Забайкалье, Тамбовская область, Нижегородская область, Ставропольский россыпной район.

Доля России в мировом производстве циркония, несмотря на значительные запасы, крайне мала (менее 1%). Единственным российским предприятием, которое осуществляет добычу и переработку циркония в промышленных масштабах является Ковдорский ГОК. Однако, весь добываемый концентрат (порядка 95%) отправляется на экспорт, тогда как внутренний спрос обеспечивается за счет импорта циркония, преимущественно из Украины. Тем не менее, Россия занимает порядка 15% мирового рынка циркониевого проката.

Рынок циркония крайне нестабилен. Во-первых, наблюдается значительная вариация цен на конечную продукцию, которая, отчасти, объясняется искусственным завышением цен крупнейшими предприятиями 2011-2012 г. Во-вторых, объемы потребления существенно зависят от ситуации в Китае, который является основным импортером и экспортером циркониевой продукции. В-третьих, наблюдается значительный профицит товарного циркония, достигающий 15-20% от общего объема добычи.

Несмотря на это, в мире активно проводятся исследования и вводятся в переработку месторождения с запасами циркония. Среди них можно выделить три проекта: Tormin (Южная Африка), Kwale (Кения), Grand Cote (Сенегал). Также в ближайшие годы планируется запуск проекта «Dubbo Zirconia» (Австралия).

Прогнозы аналитиков показывают, что потребление циркония в мире увеличивалось ежегодно на 3% (с 2005 по 2015 гг.), а по прогнозам до 2020 г. этот рост будет в несколько раз выше. Несмотря на это, до 2019 г. объемы производства циркония были значительно выше, чем его потребления. Однако, в 2020 г., после окончательного истощения крупнейших месторождений циркония в Австралии, прогнозируется острый дефицит циркония.

Таким образом, учитывая низкую конкурентоспособность большинства российских месторождений циркония, основной объем производства должен обеспечивать внутренние потребности страны. Выход на международные рынки, в настоящее время, крайне затруднен и возможен только в случае определенного политического воздействия, либо государственной поддержки. Возможным вариантом является разработка стратегии развития циркониевых предприятий, нацеленная на замещение, начиная с 2020 г., производственных мощностей Австралии на мировом рынке.

Благодарность. Проект выполнен в рамках государственного задания № 0226-2019-0024 «Разработка научных основ и обоснование эколого-экономически сбалансированного ресурсосберегающего комплексного освоения природных ресурсов в Арктической зоне России», ИЭП КНЦ РАН.

Библиографический список

1. Angela C, Volpato M, Gustavo DL, Garbelotto A, Fredel MC, Bondiol F. Application of zirconia in dentistry: biological, mechanical and optical considerations. In: Sikalidis C. Advances in Ceramics - Electric and Magnetic Ceramics, Bioceramics, Ceramics and Environment. InTech; 2011.pp.399-420. DOI:

<http://www.intechopen.com/books/advances-in-ceramics-electric-and-magnetic-ceramics-bioceramics-ceramics-and-environment/application-of-zirconia-in-dentistry-biological-mechanical-and-optical-considerations>

2. Saridag S., Tak O., Alniacik G. Basic properties and types of zirconia: An overview In: World Journal of Stomatology 2013 August 20; 2(3): pp. 40-47. DOI: <http://www.wjgnet.com/2218-6263/full/v2/i3/40.htm>

3. Lundberg M. Environmental analysis of zirconium alloy production. 2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:475527/FULLTEXT01.pdf>

4. Elsner H. Heavy mineral of Economic Importance. Federal Institute for Geosciences and Natural Resources. Hannover, Germany. 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.bgr.bund.de/DERA/DE/Downloads/Heavy-Minerals-Economic-Importance.html?__blob=publicatio

5. Macdonald, A. (2011): Zircon substitution: myth or reality.- Industrial Minerals Supplement, May 2011, 524: 54 – 59; London, UK.

6. Reuters. Factbox – nuclear industry and zirconium. 2009 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.reuters.com/article/2009/04/23/zirconium-nuclear-idUSLN78747920090423>

7. United State Geological Survey [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2015/mcs2015.pdf>

8. Акимова А.В. и др. Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2013 году. URL: <http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/914/Report2014.pdf>

9. Ларичкин Ф. Д., Воробьев А. Г., Новосельцева В. Д., Попова Г. И., Серебрянная Л. С. Цирконий: ресурсы, рынки, перспективы // Цветные металлы. – 2013. – №11.

10. Global and China Zirconium Industry Report: 2013-2016, Research in China, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.researchinchina.com

11. Reihl C., Schatz M., Zsak G. World-Mining-Data, International Organizing Committee for the World Mining Congresses, 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://www.bmwfw.gv.at/EnergieUndBergbau/WeltBergbauDaten/Documents/WMD2014.pdf>

12. Zirconium Oxide, Chemicals and Metal: Global Industry Markets and Outlook, Roskill, 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
www.roskill.com.

13. Рынок циркония 2012, International metallurgical research group [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
http://www.metalresearch.ru/pdf/world_kaz_zr_market_2012_mr_content.pdf

14. European mineral statistic 2009-2013, British Geological Survey [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://www.bgs.ac.uk/mineralsuk/statistics/europeanStatistics.html>

15. Porter R. Mineral Sands Industry. Fact Book. Илука, 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
[http://www.iluka.com/docs/default-source/industry-company-information/the-mineral-sands-industry-factbook-\(feb-2014\)](http://www.iluka.com/docs/default-source/industry-company-information/the-mineral-sands-industry-factbook-(feb-2014))

16. Tiwari R. Germanium Industry and Zirconium Market View for Global and Chinese Regions, 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://www.prnewswire.com/news-releases/2016-germanium-industry-and-zirconium-market-view-for-global-and-chinese-regions-280005862.html>

17. Sutton S. Raw & Manufactured Materials: 2015 Overview [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://www.ceramicindustry.com/articles/94420-raw-manufactured-materials-2015-overview#zirconium>

18. DERA Rohstoff informationen Zircon – insufficient supply in the future? – 2014. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://www.zircon-association.org/Websites/zircon/images/rohstoffinformationen-14.pdf>

19. Цены на титановые и цирконовый концентраты достигнут пика в конце 2012 г. и в 2013 г., Информационно-аналитический Центр Минерал [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://www.mineral.ru/News/43547.html>

20. Chalmers I. Dubbo Zirconia Project, Alkane Resources Ltd, 34th International Geological Congress, 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://www.alkane.com.au/pdf/presentations/20120808.pdf>

21. Mineral Commodities, Edison Investment Edison Investment Research Ltd, 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://www.edisoninvestmentresearch.com/research/report/mineral-commodities1>

22. Bwye C. Base Resources, Kwale Mineral Sands Project, AJM Mineral Sands Conference, Melbourne, 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://www.slideshare.net/informa0z/colin-bwye>

23. Staff M. Grande Cote Operations, 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://www.offiziere.ch/wp-content/uploads/Grand-Cote-Operations-October-2014.pdf>

24. Stephenson P.R., Williams S., Webster R., Federici P. Grand Cote Mineral Sands Project, Technical Report for Mineral Deposits, AMC Mining Consultant (Canada) Ltd, 2010 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://www.mineraldeposits.com.au/wp-content/uploads/2014/02/MDL-Grande-Cote-Tech-Report-29-Jul-10.pdf>

25. Deverell R., Kendall T., Shaw A., Stuart J. and others. Commodity Forecast. Back to the Future, Credit Suisse, Australia, 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

https://doc.research-and-analytics.csfb.com/docView?language=ENG&format=PDF&document_id=10063772

41&source_id=emcmt&serialid=82WrSbQfSKNdtXD%2bxQgUMqk7w9b4yKW3gr
N8otFRPTw%3d

26. MacDonald A., Chalsmer I. Outlook for Zirconium and Rare Earth Materials until 2020, TZMI Congress 2013 Where the World's Titanium and Zircon Industries Meet, Hong Kong [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://www.asx.com.au/asxpdf/20131114/pdf/42kv430swxb365.pdf>

27. Hope M. Mineral Sands Sector. Sector Review, Credit Suisse, 2012, Australia [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<https://plus.credit-suisse.com/researchplus/ravDocView?docid=R3itjq>

28. Официальный сайт горнодобывающей компании Илука [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://www.iluka.com/>

29. Mineral Sands Industry Warns on High-Grade Deposit Depletion, Roskill Information Service, 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<https://roskill.com/wp/wp-content/uploads/2015/09/Zir-PR-April-2015-headed.pdf>

30. Competent Person's Report for Base Resources Limited, TZMI, Australia, 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
http://www.baseresources.com.au/wp-content/files/583-586_Base_CPR_Final.pdf

31. Macdonald, A. (2012): Zirconium's cloudy future. Industrial Minerals, January 2012, 532. London, UK.