

ОБЗОРЫ ЛИТЕРАТУРЫ

УДК 669.294

Д.К. Омарова

ПРИМЕНЕНИЕ ТАНТАЛА И ПРОИЗВОДСТВО МИРОВОЙ ТАНТАЛОВОЙ ПРОДУКЦИИ (ОБЗОР)

Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний (Новокузнецк)

В статье представлена характеристика тантала как одного из редких металлов, который применяется в авиационно-космических отраслях, автомобильной электронике, медицине, в изделиях электронной техники. Дан обзор крупных танталовых производств в мире. Танталовое производство в Восточном Казахстане — одно из крупнейших в мире, на котором открыта новая технология выпуска высокочистых танталовых порошков.

Ключевые слова: электронная промышленность, тантал, танталовое производство

THE WORLD PRODUCTION OF TANTALUM (REVIEW)

D.K. Omarova

Scientific-Research Institute of the Complex Problem of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk

The article presents the characteristics of the tantalum, one of the rare metals which is used in an aviation-space technology, motor electronics, and medicine and communications electronics. The view of the main world tantalum productions has been showed in the article. The production of tantalum in the East Kazakhstan is one of the largest in the world, where the new technology of high capacity tantalum powder has been opened.

Key words: electronic industry, tantalum, the production of tantalum

Широкое применение редких металлов не имеет альтернативы в важнейших стратегических отраслях промышленности и наукоемких технологиях, что говорит об уровне технологического и экономического развития государства в целом.

Ведущие страны мира уделяют приоритетное внимание развитию электронной промышленности. Именно поэтому объем продаж электронных систем в мире в 2006 году составил около \$ 1 трлн. Как известно, электроника является локомотивом развития высоких технологий и имеет постоянно растущие рынки сбыта. Основной движущей силой процесса электронизации общества является прогресс в создании элементной базы изделий электронной техники [4].

Начиная с середины 90-х годов, содержание электронной элементной базы в составе законченного товара становится определяющим. При этом объем «интеллектуальной» электронной начинки конечной продукции каждые два года удваивается без резкого увеличения цены.

В середине XX века в деловом мире появился новый специфический термин «умный металл». Умные металлы должны были помогать работать умным машинам. Таким высокотехнологичным металлом в технической революции XX века стал тантал (Ta). Сегодня его ставят в один ряд с определениями «системные интеграторы», «бортовые

системы», «субкомпактные платы», «телекоммуникационное оборудование», «спутниковая связь» и т.п. [3].

Тантал — химический элемент V группы периодической системы. Как и ниобий, тантал относится к редким металлам. По внешнему виду тантал похож на сталь, но отличается от нее по оттенку. Это светло-серый металл с синеватым отливом, атомный номер которого — 73, а атомная масса — 180,9479 (к сведению, для перевозки 1 м³ тантала требуется шесть трехтонных грузовиков). Тантал является тугоплавким металлом, его температура плавления — 3000 °С, а температура кипения — 5300 °С. Тантал — пластичный и очень твердый металл. Тантал имеет высокую коррозионную и химическую стойкость. Он стоек к соляной, серной, азотной, фосфорной и органическим кислотам всех концентраций (вплоть до температуры 150 °С) [4].

За счет своих физико-химических свойств тантал обладает уникальным комплексом свойств, а именно: высоким коэффициентом теплопередачи, высокой способностью поглощать газы, жаропрочностью, тугоплавкостью, твердостью, пластичностью и прочностью (хорошо поддается обработке давлением всеми существующими методами: ковка, штамповка, прокатка, волочение, скручивание и т.п.); характеризуется хорошей свариваемостью (сварка и пайка в среде аргона, гелия, либо в вакуу-

ме); исключительной химической и коррозионной стойкостью (с образованием анодной пленки), низким давлением пара и небольшой работой выхода электронов, и вдобавок он прекрасно уживается с живой тканью организма [3, 12].

Уникальное качество тантала — его высокая биологическая совместимость, т.е. способность приживаться в организме, не вызывая раздражения окружающих тканей. На этом свойстве основано широкое применение тантала в медицине, главным образом в восстановительной хирургии — для ремонта человеческого организма. Пластинки из этого металла используют, например, при повреждениях черепа — ими закрывают проломы черепной коробки. В литературе описан случай, когда из танталовой пластинки было сделано искусственное ухо, причем пересаженная с бедра кожа при этом настолько хорошо прижилась, что вскоре танталовое ухо трудно было отличить от настоящего [7].

Танталовой пряжей иногда возмещают потери мускульной ткани. С помощью тонких танталовых пластин хирурги укрепляют после операции стенки брюшной полости. Танталовыми скрепками, подобными тем, которыми сшивают тетради, надежно соединяют кровеносные сосуды. Сетки из тантала применяют при изготовлении глазных протезов. Нитями из этого металла заменяют сухожилия и даже сшивают нервные волокна. И если выражение «железные нервы» мы обычно употребляем в переносном смысле, то людей с танталовыми нервами, быть может, вам приходилось встречать.

Однако на медицинские нужды расходуется лишь 5 % производимого в мире тантала, около 20 % потребляет химическая промышленность. Основная часть тантала — свыше 45 % — идет в металлургию. В последние годы тантал все чаще используют в качестве легирующего элемента в специальных сталях — сверхпрочных, коррозионно-стойких, жаропрочных. Действие, оказываемое на сталь танталом, подобно действию ниобия. Добавка этих элементов к обычным хромистым сталям повышает их прочность и уменьшает хрупкость после закалки и отжига [14].

Приблизительно четвертая часть мирового производства тантала идет в электротехническую и электровакуумную промышленность. Благодаря высокой химической инертности как самого тантала, так и его окисной пленки, электролитические танталовые конденсаторы весьма стабильны в работе, надежны и долговечны: срок их службы достигает 12 лет, а иногда и больше. Миниатюрные танталовые конденсаторы используют в передатчиках радиостанций, радарных установках и других электронных системах. Любопытно, что эти конденсаторы могут сами себя ремонтировать: предположим, возникшая при высоком напряжении искра разрушила изоляцию — тотчас же в месте пробоя вновь образуется изолирующая пленка окисла, и конденсатор продолжает работать, как ни в чем не бывало. Для производства конденсаторов требуются высокочистые порошки тантала с развитой поверхностью [18].

Широкое применение находят и соединения тантала. Так, фтортанталат калия используют как катализатор в производстве синтетического каучука. В этой же роли выступает и пятиокись тантала при получении бутадиена из этилового спирта.

Окись тантала иногда применяют и в стекоделии — для изготовления стекол с высоким коэффициентом преломления. Смесь пяти окиси тантала Ta_2O_5 с небольшим количеством трехокиси железа предложено использовать для ускорения свертывания крови. Гидриды тантала успешно служат для припаивания контактов на кремниевых полупроводниках.

Окись тантала обладает ценнейшим для электротехники свойством: если через раствор, в который погружен тантал, покрытый тончайшей (всего несколько микрон!) пленкой окиси, пропускать переменный электрический ток, он пойдет лишь в одном направлении — от раствора к металлу. На этом принципе основаны танталовые выпрямители, которые применяют, например, в сигнальной службе железных дорог, телефонных коммутаторах, противопожарных сигнальных системах.

Кроме того, соединения тантала служат катализаторами во многих химических процессах: фтортанталат калия выступает как катализатор в производстве синтетического каучука, пентаоксид тантала используют при получении бутадиена из этилового спирта [4].

Тантал служит материалом для различных деталей электровакуумных приборов. Как и ниобий, он отлично справляется с ролью геттера, т.е. газопоглотителя. Так, при 800 °C тантал способен поглотить количество газа в 740 раз больше его собственного объема. А еще из тантала делают горячую арматуру ламп — аноды, сетки, катоды косвенного накала и другие нагреваемые детали. Тантал особенно нужен лампам, которые, работая при высоких температурах и напряжениях, должны долго сохранять точные характеристики. Танталовую проволоку используют в кенотронах — сверхпроводящих элементах, необходимых, например, в вычислительной технике [3].

Тантал — довольно частый гость в мастерских ювелиров, во многих случаях им заменяют платину. Из тантала делают корпуса часов, браслеты и другие ювелирные изделия. И еще в одной области элемент № 73 конкурирует с платиной: стандартные аналитические разновесы из этого металла по качеству не уступают платиновым. В производстве наконечников для перьев автоматических ручек танталом заменяют более дорогой иридий. Но и этим послужной список тантала не исчерпывается. Специалисты по военной технике считают, что из тантала целесообразно изготавливать некоторые детали управляемых снарядов и реактивных двигателей [9].

Большой потребитель тантала в будущем — телекоммуникационные сети и сотовая связь.

Спрос на тантал постоянно растет, и поэтому можно не сомневаться, что в ближайшие годы производство этого замечательного металла будет увеличиваться быстрее, чем сейчас.

В последнее время возрастает спрос именно на порошок металлического тантала.

В настоящее время основным потребителем порошка металлического тантала является электронная промышленность (рис. 1).

Область применения конденсаторов из тантала: военная техника, сотовые телефоны, компьютеры, автомобильная электроника, видеокамеры и т.п.

На рисунке 2 представлено потребление порошков тантала мировыми компаниями (объем потребления, кг/год).

Пластичный тантал в чистом виде был получен только в 1903 году немецким химиком В. Болтоном. Промышленное же производство этого металла началось в 1922 г. (первый промышленный образец металлического тантала был получен величиной со спичечную головку). Поставили производство тантала на поток первыми США, которые стали применять его в выпрямителях переменного тока

(покрытый окисной пленкой тантал пропускает ток только в одном направлении) и радиолампах. В 1942 году в США начал функционировать специализированный завод по производству тантала [8].

В настоящее время добыча тантала идет в Австралии, Бразилии, Египте, Таиланде, Китае, Канаде (самое богатое месторождение — Берник-Лейк в юго-восточной Манитобе), Мозамбике, Нигерии, Заире, Бурунди, Руанде, Конго, Казахстане и России (на Кольском полуострове и в Забайкалье).

В природе тантал встречается вместе с ниобием, и в настоящее время известны более 130 видов танталониобиевых минералов, однако только немногие из них используются танталовой промышленностью в качестве сырья. К ним относятся танталит, микролит, водгинит, эвксенит и поликраз. Наиболее важным промышленным минералом является танталит в форме $(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Ta}, \text{Nb})\text{O}_6$. Более половины всего выпускаемого в мире танталита

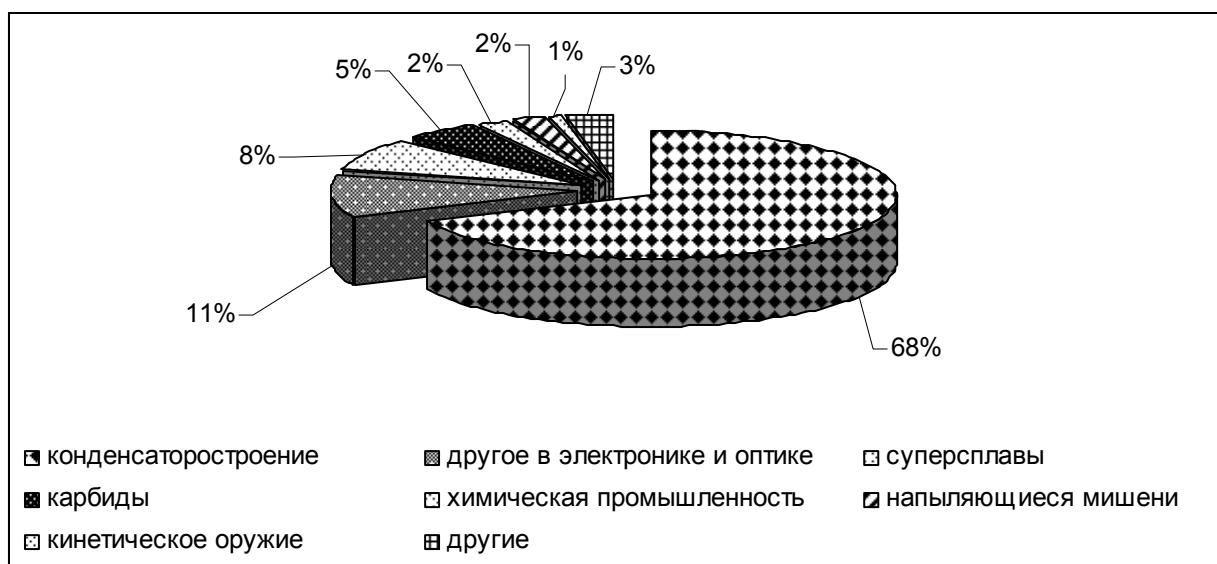


Рис. 1. Применение танталового порошка в промышленности.

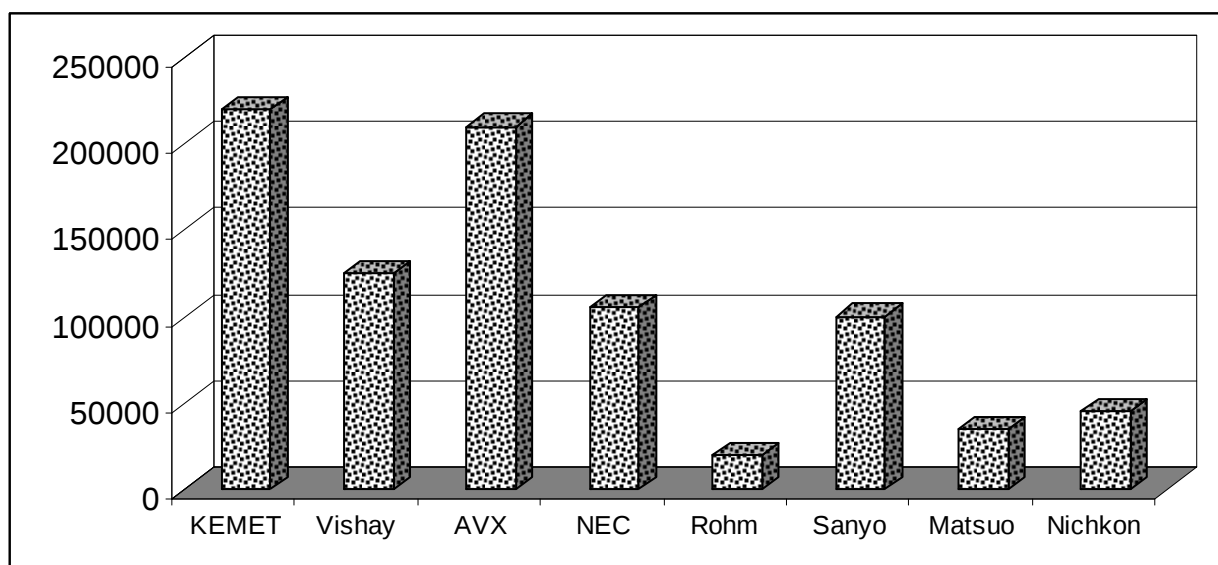


Рис. 2. Потребление порошков тантала мировыми компаниями (кг/год).

производится в Австралии, остальная часть — в основном в Бразилии, на востоке Канады, в КНР, Эфиопии и в центральном и южном регионах Африки. Другими важными источниками тантала являются оловянный шлак из Малайзии и Таиланда, а также вторичное танталосодержащее сырье [10].

В мировой танталодобывающей промышленности в настоящее время имеется целый ряд проектов строительства новых рудников в ОАЭ, Египте, Ирландии и Гренландии.

Мировая добыча тантала составляет порядка 415–420 тонн в год. Основными мировыми фирмами-переработчиками танталита, колумбита и других сырьевых материалов тантала в настоящее время являются фирмы: Cabot Corp. (США), H.C. Starck (ФРГ), Mitsui Mining and Smelting и Mingxia Nonferrous Metals Co [6].

Мировые компании заинтересованы в разработке и эксплуатации новых редкометаллических рудников. В первую очередь, это связано с возрастанием спроса на тантал в электронике. За последние пять лет новые месторождения тантала были приняты к разработке в Бразилии, Египте, США, Центральной Африке.

Австралийская компания Gipsland Ltd. совместно с Египетским правительством приступила к разработке месторождения Ави Даввав (расположено в 75 км от порта Quseir на Красном море). Запасы этого месторождения по оценке международных экспертов составляют около 40 млн. тонн руды с 250 г/т Ta_2O_5 . Одно это месторождение обеспечит 10 % сегодняшнего мирового спроса на тантал.

А в 55 км от Красного моря расположено другое богатейшее месторождение тантала — месторождение Ghurayah. Его запасы составляют 385 млн. тонн руды с 245 г/т Ta_2O_5 . Кроме тантала данное месторождение содержит ниобий, цирконий, уран, олово и другие цветные металлы. Бразильская компания Raparapana в настоящее время приступила к освоению оловянно-танталового месторождения Питинга (Pitinga) в штате Амазонас. Через десять лет мощность этого рудника по танталовому концентрату составит 22 тыс. тонн [1].

В России планируются к разработке танталосодержащие месторождения в Восточном Саяне, на Алдане, в Северном Прибайкалье, в юго-восточной Туве и на севере Якутии. В настоящее время разведаны следующие ниобий-танталовые месторождения: Ловозерское (Мурманская обл.), Катугинское (Читинская обл.) — 0,019 % Ta_2O_5 , Среднезиминское (Восточный Саян) — 0,024 % Ta_2O_5 , Ковдорское (Мурманская обл.) — 0,012 % Ta_2O_5 , Вуориярвинское (участок Тухта — Вара) — 0,013 % Ta_2O_5 , Себляврское (Мурманская обл.) — менее 0,012 % Ta_2O_5 , Гулинское (Западное Прианбарье) и др. В России для производства тантала в основном используется лопаритовый концентрат Ловозерской горно-обогатительной компании (из которого, кроме тантала, извлекают еще ниобий, редкоземельные металлы, титан, стронций, торий и т.п.). Ловозерский ГОК, расположенный на Кольском полуострове, — это наиболее крупный

ниобий-танталовый рудник. Возраст Ловозерского массива — 300 млн. лет (открыт в 1934 году) [2].

Два крупнейших производителя тантала в настоящее время — фирмы HC Starck/Bayer (Германия) и Cabot Performance Materials (США) [8]. Эти две компании суммарно производят 85 % мирового порошка, проволоки и оксидов. Третье место в списке крупнейших производителей тантала прочно занимает ОАО «Силмет» (Эстония) с объемом производства 70-80 т/год металлического тантала.

Основным потребителем тантала на сегодняшний день остается Япония (для которой электроника — то же самое, что нефть для арабских стран). Японский экспорт танталовых продуктов в КНР составил в 2004 году 12 тонн, в Индонезию — 8 тонн. Выпуск японских танталовых конденсаторов значительно увеличился в последние годы в дочерних фирмах азиатского региона (КНР, Индонезия, Филиппины, Тайвань, Таиланд). Всего в 2004 году японский экспорт металлического и порошкового тантала составил 260000 кг (2002 г. — 108000 кг; 2003 г. — 251900 кг).

Ежегодно в мире производится около 1400 тонн тантала, емкость рынка растет на 3–5 % в год.

В последние годы на рынок выходят также китайские и российские производители и казахстанский Ульбинский металлургический завод (УМЗ), входивший раньше в производственную систему СССР [10].

В России в 2000 г Орловский ГОК в Читинской области был куплен частными компаниями (иностранными инвесторами) и переименован в Ново-Орловский по производству танталовых концентратов, и начался процесс его возрождения с запуска старой обогатительной опытной фабрики № 1. В настоящее время заканчивается восстановление танталовой секции фабрики № 2. Большое внимание уделяется восстановлению проектной схемы первичного обогащения и тщательной настройке оборудования для обеспечения более эффективной работы, главным образом, шестикамерных гидравлических классификаторов и концентрационных столов СКО-22. Намечается усовершенствование технологии получения танталовых концентратов за счет внедрения магнито-гравитационной технологии. Планируется также внедрение технологии флотационного извлечения лепидолита из хвостов гравитационного обогащения. В настоящее время ведутся работы по использованию для флотационной доводки черновых концентратов катионного собирателя Ta-Nb «Флон», разработанного Гиредметом [6].

Другое предприятие в России ЗАО «Российские редкие металлы» («Росредмет») запускает в Красном Селе линию по производству порошка тантала. До запуска этой линии так называемый высокоемкий чистый тантал в России не производили, выпускали лишь полуфабрикат — пентохлорид тантала и низкоемкий (осколочный) танталовый порошок. После распада СССР предприятия, способные выделять в промышленных масштабах чистый тантал, остались в Казахстане и Эстонии. В то же время

Таблица 1

Порошок танталовый металлургического сорта А, Б, В (химический состав, %)

Класс	Ta	Nb	N	O	C	Fe	Si	Ti	Na	S	P	Ca
А	99,0	0,1	0,5	0,5	–	0,07	0,05	–	0,07	0,01	0,01	0,05
Б	99,5	0,05	0,2	0,3	–	0,01	0,01	–	0,02	0,005	0,005	0,002
В	98,6	0,1	0,5	0,5	0,2	0,07	0,05	0,02	0,02	–	–	–

спрос на тантал на внутреннем рынке после резкого спада в середине 90-х гг. неуклонно растет [1].

С 2002 года ЗАО «Российские редкие металлы» является постоянным членом Международного Танталового Клуба (Tantalum-Niobium International Study Center (TIC)). На данный момент из производителей порошка в СНГ только ЗАО «Российские редкие металлы» и КАЗАТОМПРОМ («Ульбинский металлургический завод», Казахстан) являются постоянными членами TIC.

Акционерное общество «Ульбинский металлургический завод» (АО «УМЗ») расположено в г. Усть-Каменогорске Восточно-Казахстанской области Республики Казахстан. С 1997 года предприятие входит в состав Национальной Атомной компании «КАЗАТОМПРОМ», представляющей интересы Республики Казахстан в атомной промышленности. Официальной датой рождения Ульбинского металлургического завода считается 29 октября 1949 года. В тот день на склад предприятия была поставлена первая продукция [2, 5, 15].

К началу 70-х гг. УМЗ вошел в число крупнейших в мире производителей изделий из урана, бериллия и тантала.

Акционерное общество «Ульбинский металлургический завод» — это уникальное предприятие, имеющее более чем 60-летний опыт производства и поставок продукции мирового уровня.

Конденсаторы из высокоспециализированного металла электроники производятся из порошка чистого металлического тантала, одним из поставщиков которого и является казахстанский завод. Ульбинский металлургический завод (УМЗ) по объемам поставок танталовой продукции находится, по оценкам фирмы RIR, на четвертом месте в мире после «H.C.Starck» (подразделение «Bayer A.G.»), «Cabot Supermetals», «Ningxia Non-Ferrous Metals».

Танталовое производство в Восточном Казахстане — единственное в СНГ и одно из крупнейших в мире, оснащенное мощным современным оборудованием, способным перерабатывать любое тантал-ниобийсодержащее сырье в слитки, чипсы, порошки, прокат. Кроме этого, подразделение имеет современное производство плавиковой кислоты [11, 19].

Казахстанский завод имеет полный цикл производства — от переработки сырья любого вида до выпуска конденсаторных порошков, плоского и круглого проката.

Ключевой компетенцией танталового производства УМЗ является выпуск высокочистого

металлического тантала (99.995% Ta), налаженный с 2008 года в новом цехе по производству высокочистых танталовых порошков [17].

В таблице 1 представлен химический состав новых высокочистых танталовых порошков, выпускаемых на УМЗ, в зависимости от сорта.

Парк электронно-лучевых печей УМЗ вместе с печами его партнера (КазНиобийИХМЗ) сопоставим с парком печей всех производителей тантала и ниобия в мире [16].

В настоящее время на УМЗ продолжается работа по разработке технологий и оборудования для получения конкурентоспособной продукции, используемой в производстве танталовых конденсаторов, организован опытно-промышленный цех по производству танталовой продукции, востребованной на мировом рынке электроники [13].

Таким образом, представленный выше материал наглядно показывает высокий интерес и спрос на тантал. В последние годы также активно развиваются экспериментальные разработки высокоэффективных радиоэлектронных изделий, микросхем нового поколения и разработки в области магнитометрии на основе критических прорывных технологий. Все это позволяет с надеждой смотреть на перспективное будущее тантала — уникального металла XXI века.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ercos планирует значительно увеличить производство танталовых и ниобиевых конденсаторов. — Режим доступа: <http://www.metallurgica.ru>.
2. Атомная промышленность. — Режим доступа: <http://www.kazatomprom.kz>.
3. Атомная стратегия. — 2006. — № 20.
4. Пархоменко Ю.Н. Получение порошковых материалов на основе ниобия, тантала и кобальта для изделий электронной и электротехнической промышленности с высокими эксплуатационными характеристиками. — Режим доступа: <http://www.giredmet.ru>.
5. По итогам I квартала 2006 года доход УМЗ от реализации продукции вырос на 38 % (Информационное агентство Kazakhstan Today). — Режим доступа: <http://www.rosinvest.com>.
6. По материалам «Proceedings of international Symposium on Tantalum and Niobium» (San Francisco, USA). — 2000.
7. По материалам ВНИИ неорганических материалов им. А.А. Бочвара.
8. Популярная библиотека химических элементов. Тантал. — Режим доступа: <http://www.armz.ru>.

9. Производство и применение тантала. — 2003. — С. 168, 169.
10. Производство танталовой продукции. — Режим доступа: <http://www.rosredmet.ru>.
11. Промышленные инновации. — Режим доступа: <http://www.Kazakhstan Today.kz>.
12. Рожко В.В. Производство металлических ниобия и тантала. — ЦНИИАтоминформ, 1994. — Вып. 2 (146). — С. 58.
13. Ситуация на мировом рынке тантала // Информационный бюллетень МЭРТ РФ. — Режим доступа: <http://www.nomad.su>.
14. Состояние, перспективы освоения и развития минерально-сырьевой базы / Е.М. Эпштейн, Т.Ю. Усова, Н.А. Данильченко [и др.] // Минеральное сырье. Серия геолого-экономическая. — М.: Изд. ВИМС, 2000. — № 8. — 103 с.
15. Судьба Орловского ГОКа по производству танталовых концентратов. — Режим доступа: <http://www.stockmap.ru>.
16. Технология тантала и ниобия. — Режим доступа: <http://www.gazeta.kz>.
17. Ульбинский МЗ планирует организовать промышленное производство танталовых порошков. — Режим доступа: www.ulba.kz.
18. Шабашов Д. RBC daily «Публикации и статьи по цветной и черной металлургии». — Режим доступа: <http://www.infogeo.ru/matalls>.
19. Шолмов К. ЗАО «Российские редкие металлы» («Росредмет») запустит в Красном Селе линию по производству порошка тантала. Мощность предприятия позволит обеспечить всю потребность российской радиоэлектронной промышленности. — Режим доступа: <http://www.symmetron.ru>.

Сведения об авторах

Омарова Динара Кимеловна — кандидат медицинских наук, докторан Научно-исследовательского института комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний (654041, г. Новокузнецк, ул. Кутузова, 23; тел.: 8 (701) 746-72-31, 8 (777) 261-98-08; e-mail: Dinara.Omarova@sanofi-aventis.com, omha@yandex.ru)