

Министерство образования Российской Федерации  
Томский политехнический университет



ISSN 1684-8519

# ИЗВЕСТИЯ

## ТОМСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Том 307, № 1, 2004

ИЗДАТЕЛЬСТВО <sup>ТМ</sup>  
г. Томск

# Социально-экономические и гуманитарные науки

УДК 553.98

## ДОБЫЧА НИОБИЯ В РОССИИ

Г.Ю. Боярко\*, В.Ю. Хатьков\*\*

\* Томский политехнический университет

\*\* Аппарат Правительства Российской Федерации

E-mail: bgj@mail.tomsknet.ru

*Добыча ниобия в России осуществляется на Ловозерском месторождении (Мурманская область) в виде пироклоритового концентрата и на Татарском месторождении (Красноярский край) в виде пироклорового концентрата, а переработка – на Соликамском магниево (Пермская область) и Ключевском ферросплавном (Свердловская область) заводах. В результате вертикальной интеграции российских потребителей ниобия с добывающими предприятиями ликвидирована зависимость от импорта ниобиевых продуктов. Возможно вовлечение в производство нового редкоземельно-ниобиевого месторождения Томтор (Республика Саха-Якутия) и восстановление прежнего уровня добычи на Етыкинском тантало-ниобиевом месторождении (Читинская область). Ввиду наличия естественной мировой монополии бразильских продуцентов ниобия, российским ниобийдобывающим предприятиям следует ориентироваться преимущественно на металлургический рынок России, Украины, Казахстана и Китая.*

Ниобий - тяжелый тугоплавкий металл, обладающий высокой пластичностью, коррозионной стойкостью, хорошей свариваемостью и малым сечением захвата тепловых нейтронов. Он входит в состав жаропрочных и сверхпроводящих сплавов, а стали, легированные ниобием, обладают высокой прочностью и значительной пластичностью, морозо- и коррозионностойкостью. Основное потребление ниобия приходится на производство трубной продукции большого диаметра для магистральных трубопроводов из низколегированных (0,07...0,08 % Nb) сталей. Низколегированные ниобиевые стали находят применение при изготовлении строительных конструкций, мостостроении, в дорожном и горном машиностроении, авиа- и автомобилестроении, при изготовлении оборудования для глубокого нефтяного бурения, аппаратуры для химической и нефтехимической промышленности и т.д. Сплавы ниобия с оловом, титаном и цирконием широко используются при изготовлении сверхпроводящих соленоидов для мощных электромагнитов, применяемых в магнитных сепараторах, ускорителях заряженных частиц, МГД-генераторах. Синтетические монокристаллы ниобатов лития и свинца используются в оптических затворах и акустоэлектронных устройствах. Объем мирового потребления ниобия составляет 25...26 тыс. т в год, причем наблюдается его отчетливый рост на 2...2,5 % в год [1-5]. Лидируют в потреблении ниобия Япония (30 % мирового спроса), США (около 25 %) и страны Европейского Союза. Цены на ниобиевые продукты приведены в таблице.

Ниобий извлекается гидрометаллургическими и пирометаллургическими методами из концентратов ниобиевых минералов - пироклора  $\{NaCaNb_2O_6F\}$  (до 90 % мирового предложения), колумбит-танталита  $\{(Fe,Mn)(Nb,Ta)_2O_6\}$  (до 5 %) и лопарита  $\{(Ca,TR)(Ti,Ta,Nb)O_2\}$  (только в России). При их переработке попутно извлекается тантал (в отношении Ta/Nb = 1/10), а из лопарита - еще редкоземельные металлы и титан.

Мировая добыча ниобия составляет 25,7 тыс. т (2002 г.), причем 22 тыс. т приходится на бразильскую компанию Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineracao Cia Brasileira de Metalurgia Mineracao (CBMM), которая является естественным монополистом в производстве пироклоровых концентратов, феррониобия (до 18 тыс. т в год), ниобия ме-

**Таблица.** Цены на ниобиевые (и попутные танталовые) продукты [1 3-6]

Товарные продукты	Цены, \$ США за кг
Пироклоровый концентрат (в пересчете на $Nt^{\wedge}Os$ )	6,0...6,5
Колумбитовый концентрат (в пересчете на $NbjO_5$ )	6,5...7,0
Танталитовый концентрат (в пересчете на $TaгO_5$ )	65...75
Лопаритовый концентрат	1,1
Ферро ниобий	14,5...15,5
Ниобий металлический	14,0... 14,5
Тантал в порошке	200...230
Тантал металлический	200...210

таллического и тантала. Она ведет отработку площадной коры выветривания на карбонатитовом массиве Араша (штат Амазонас) со средним содержанием 2,5 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (4,3 млрд т руды) и оловорудном месторождении Питанга содержащим 4,3 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (30 млн т руды). Часть концентратов СВММ перерабатывается консолидированной компанией Catalao de Goais (Mineralo Catalao), выпускающей в год до 3,5 тыс. т феррониобия. В качестве резерва на территории Бразилии в пределах национального парка Пику-да-Неблина находится месторождение Сейс-Лагос с запасами 2,9 млрд т руды со средним содержанием Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 2,8 %. В Канаде добыча ниобиевых руд осуществляется на месторождении Сент-Оноре (рудник Ниобик, штат Квебек) со средним содержанием Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,6 %. Добычей руд и переработкой концентратов занимаются две фирмы - Теск Согр. и Cambior Inc., которые в 2002 г. поставили на мировой рынок 3,2 тыс. т феррониобия. В крайне небольших количествах различные ниобиевые продукты (главным образом пироксоловые концентраты) производят в Австралии (месторождение Гринбушес), Нигерии (Плато Джое), Мозамбике (Мбея), Замбии (Луэш) и Конго (Манано-Китололо).

В эпоху плановой экономики СССР добывал и производил до 2000 т ниобиевых продуктов (в пересчете на оксид ниобия), занимая третье место по добыче (после Бразилии и Канады) и четвертое по потреблению (после Японии, США и Германии). После развала единого экономического пространства на национальные анклавные СНГ технологическая цепочка редкометалльной промышленности была разорвана, отдельные ее фрагменты стали нерентабельными. В результате этого российские потребители вынуждены стали удовлетворять свои потребности в ниобии путем экспорта 100...200 т ниобиевых сплавов в год (в основном из Бразилии).

Единственным сохранившимся действующим добычным предприятием на территории России являются ОАО Северные редкие металлы (бывший Ловозерский ГОК) в п. Ловозеро Ревдинского района Мурманской области и его оператор горных работ ОАО Ловозерская горная компания на рудниках Карнасурт и Умбозеро. Здесь на уникальном по запасам *Ловозерском редкоземельно-ниобий-танталовом месторождении* (бедным по содержанию Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - всего 0,24 %) из лопаритсодержащих нефелиновых сиенитов добывалось до 25 тыс. т лопаритового концентрата в год, содержащего 6...8 % Nb, 0,5 % Ta, 36...38 % TR и 38...42 % Ti. До 10 тыс. т лопаритового концентрата перерабатывается на ОАО Соликамский магниевый завод (основной владелец - СП Russia Growth Fund), где путем хлорирования получают гидрооксид ниобия, которые является промпродуктом для получения металлического ниобия (на Иртышском химико-металлургическом заводе в г. Усть-Каменогорск, Казахстан). В настоящее время Соликамский магниевый завод производит ежегодно 700...750 т оксидов ниобия и 70...80 т оксида тантала, полностью идущих на экс-

порт. Остальные 10...12 тыс. т лопаритового концентрата ранее перерабатывались в AS Silmet (г. Силламяэ, Эстония) по серноокислой схеме до металлического ниобия и феррониобия. В настоящее время Silmet отказался от покупок лопаритового сырья и перешел на более технологичные пироксоловые концентраты из Бразилии и Нигерии. Соответственно упал и выпуск лопаритового концентрата Севредметом (до 8...10 тыс. т), что привело это предприятие на грань банкротства. Попытка организации в 2000 г. собственного гидрометаллургического производства с получением феррониобия ввиду отсутствия требуемых инвестиций (100 млн \$ США) не увенчалась успехом. В настоящее время владельцем АО Севредмета является компания ЗАО Компания ФТК (Финансы, технологии, консультации) (г. Москва), совладелец Соликамского магниевого завода (14 % акций), но реального выхода из сложившейся ситуации ограниченности спроса лопаритового сырья пока не видно [7, 8]. Иртышский химико-металлургический завод тоже находился на грани банкротства и к 1996 г. прекратил выпуск ниобиевых продуктов, но в 2000 г. из него выделилось дееспособное подразделение ТОО КазНиобий ИХМЗ, которое начало выпускать до 60...80 т металлического ниобия в год, используя в качестве сырья соликамский гидрооксид ниобия. Переработка танталовых промпродуктов в СНГ осуществляется на ОАО Ульбинском металлургическом заводе НАК Казатомпром (г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан), где производятся изделия из ниобия - порошок, слитки, прокат.

Другие российские предприятия, работавшие ранее на более богатых рудах, к 90-м годам XX века выработали их и при переходе на рыночную экономику закрыли свои убыточные производства. Это *Вишневогорское рудоуправление* (Челябинская область), разрабатывавшее одноименное месторождение, *Мальшевское РУ* (Свердловская область), полностью отработавшее месторождение редкометалльных пегматитов Липовый луг, *Орловский ГОК* (Читинская область), отработавший Орловское месторождение и *Забайкальский ГОК* (Читинская область), остановивший добычу на Завитковском и Этыкинском месторождениях. Пироксоловые и колумбит-танталитовые концентраты этих предприятий перерабатывались на Ключевском заводе ферросплавов (пос. Двуреченск Сысертского района Свердловской области), который производил из них феррониобий и ниобиевые лигатуры.

Оздоровление редкометалльной промышленности России произошло по инициативе потребителей ниобия - череповецких металлургов ОАО Северсталь (г. Череповец, Вологодская область). С целью ликвидации экспортной зависимости от ниобия этот холдинг организовал дочернее предприятие ОАО Стальмаг (г. Красноярск) по добыче пироксоловых концентратов из коры выветривания *Татарского вермикулит-ниобат-фосфорного месторождения* на одноименном карбонатитовом массиве, рас-

положенном в Мотыгинском районе Красноярского края [9]. В конце 2000 г. на этом месторождении пущена фабрика первичного обогащения мощностью до 90 тыс. т руды в год. Из полученного концентрата, поставляемого на Ключевский завод ферросплавов, производится 150...200 т ферронийобия в год. С вводом второй очереди производительность рудника будет увеличена вдвое.

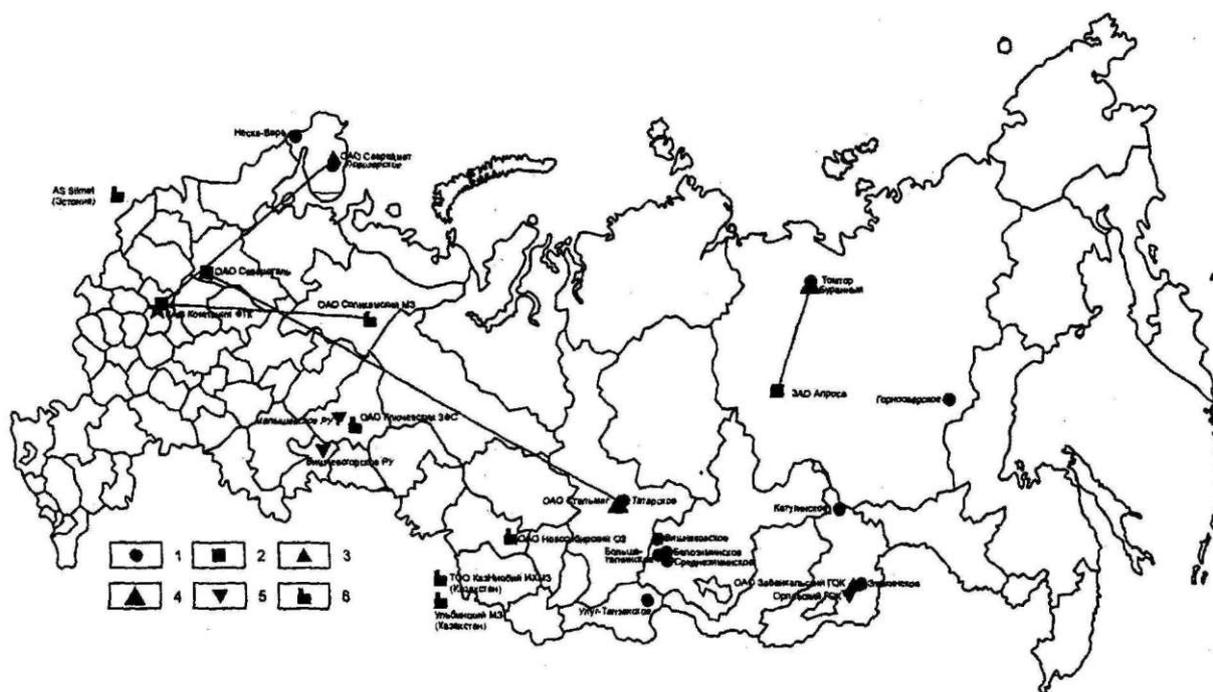
В 2001 г. ОАО Забайкальский ГОК (п. Первомайский Шилкинского района Читинской области), занимавшийся в последние годы добычей флюорита и золота, возобновил обработку *Этыкинского тантал-ниобий-оловянного месторождения* в редкометальных гранитах Этыкинского массива. Среднее содержание тантала в рудах - 0,031 %, ниобия - 0,1 %, олова - 0,2 %. В 2001 г. добыто (в пересчете на металл) 40 т тантала, 60 т ниобия, 100 т олова. К 2005 г. планируется в пять раз увеличить мощности по добыче. На базе Забайкальского ГОКа в п. Первомайский ведется строительство гидрометаллургического цеха по производству фтортанталата калия и пентоксида ниобия. Из этикинских руд могут также извлекаться и литиевые концентраты при среднем содержании в рудах  $Li_2O$  - 0,11 %. В рамках государственной программы "Добыча, производство и потребление лития, бериллия, тантала, олова, ниобия (ЛИБТОН)" планируется также возобновление добычи Забайкальским ГОКом на *Завитинском литий-ниобиевом месторождении* сподуменовых пегматитов [10].

Среднее содержание  $Li_2O$  в завитинских рудах 0,692 %, товарный продукт - сподуменовый концентрат, а ниобий и тантал здесь являются лишь по-

путными продуктами при среднем содержании в рудах  $Ta_2O_5$  - 0,0139 % и  $Nb_2O_5$  - 0,02 %.

Компания ЗАО Алроса (г. Мирный, Республика Саха-Якутия) по программе диверсификации своего алмазного бизнеса осуществляет подготовку горного проекта отработки участка Бурный уникального по запасам и качеству руд *ниобий-редкоземельного месторождения Томтор* в Оленекском улусе Республики Саха-Якутия. Этот фрагмент месторождения представляет собой озерную россыпь ближнего сноса, сформировавшуюся за счет перемыва коры выветривания Томторского карбонатитового массива. Среднее содержание  $Nb_2O_5$  составляет здесь 6,71 %, Y - 0,59 %, STR - 9,53 %. Проектом разработки участка Бурный планируется первоначальный годовой объем переработки горной массы 13,73 тыс. м<sup>3</sup>, и извлечение пирохлорового концентрата, содержащего 583 т  $Nb_2O_5$ , и редкоземельного концентрата, содержащего 690 т оксидов редкоземельных металлов ( $Y_2O_3$ ,  $CeO_2$ ,  $La_2O_3$ ,  $Rf_6O_n$ ,  $Sm_2O_3$ ,  $Nd_2O_3$ ,  $Eu_2O_3$ ,  $Sc_2O_3$ ). В дальнейшем планируется увеличение мощностей добычи до 30 тыс. м<sup>3</sup> руды и выпуску до 2000 т пирохлорового концентрата в пересчете на  $Nb_2O_5$  [11].

Небольшое производство по опытной добыче существовало при разведке *Белозиминского ниобиево-фосфатного месторождения* (1984-1986 гг.) в Тулунском районе Иркутской области. Рудные образования представляют собой площадную кору выветривания по карбонатитам (содержащим 0,24 %  $Nb_2O_5$ ), в богатых блоках которой на участках Основной и Ягодный среднее содержание  $Nb_2O_5$  составляет 1,06 и 1,39 %, соответственно [1, 12]. Однако сквозное



**Рисунок.** Схема размещения ниобиевых месторождений и компаний, добывающих и перерабатывающих ниобий.  
 1) месторождения ниобия; 2) холдинги ниобийдобывающих компаний; 3-5) рудники: 3) действующие. 4) вводимые в производство. 5) закрытые или остановленные; 6) перерабатывающие предприятия

извлечение  $Nb_2O_5$  при этих опытах не превысило 30 %. В качестве попутного сырья из белозиминских руд может быть получен фосфатный (апатит + франколит) концентрат, при исходном содержании  $P_2O_5$  в рудах - 11,25%.

На базе ликвидированного Орловского ГОКа в 2000 г. было сформировано новое предприятие ОАО Ново-Орловский ГОК (п. Новоорловский Агинского района Читинской области), восстановлены опытная обогатительная фабрика № 1 и танталовая секция обогатительной фабрики № 2. Объектом добычи здесь служат техногенные месторождения (отвалный комплекс) вольфрамового производства Орловского ГОКа, вмещающие 5190 т W, 550 т Nb и 440 т Ta. Ориентировочный выход тантала и ниобия - до 10...20 т в год.

С целью извлечения тантала и ниобия на Ключевском заводе ферросплавов периодически перерабатываются шлаки оловянных плавок ОАО Новосибирский оловянный завод. В пересчете на годовую реализацию выпуск ниобия и тантала из сырья Новосибирского оловянного завода не превышал первых тонн.

Из других ниобийевых и тантало-ниобиевых месторождений России следует отметить [12]:

- *Большетагинское фосфор-ниобиевое месторождение*, расположенное в 12 км к западу от Белозиминского месторождения (Иркутская область) и приуроченное к кальцит-микроклиновым карбонатитам одноименного карбонатитового массива. Среднее содержание  $Nb_2O_5$  в рудах составляет 1,02%.
- *Среднезиминское уран-ниобий-фосфорное месторождение*, расположенное в 18 км к югу от Белозиминского месторождения (Иркутская область) и приуроченное к кальцит-микроклиновым карбонатитам. Среднее содержание  $Nb_2O_5$  в рудах составляет 0,10...0,18 %, урана до 0,02 %, фосфора - 2,5...3,5 %. Месторождение проблемное, в первую очередь, из-за низких концентраций полезных компонентов и высокой радиоактивности руд.
- *Участок Неске-Вара Вуориярвинского ниобиевого месторождения* расположен в Кандалакшинском районе Мурманской области. Он представляет собой крупный
- рудный блок апатит-магнетитового состава с вкрапленностью бадделита и пироклора. Среднее содержание  $Nb_2O_5$  в рудах участка - 0,53 %,  $Ta_2O_5$  - 0,017 %. Месторождение находится в непосредственной близости от действующего предприятия ОАО Ковдорский ГОК, добывающего железные руды с попутным выпуском апатитового и бадделитового (Zr- и TR-содержащего) концентратов. Месторождение мелкое - всего 6,2 тыс. т  $Nb_2O_5$  и 200 т  $Ta_2O_5$ , но эти руды вписываются в технологическую цепочку Ковдорского ГОКа, и этот объект легко может быть вовлечен в эксплуатацию.

- *Улуг-Танзекское ниобий-редкоземельное месторождение* (Республика Тыва) представляет собой минерализованные зоны рудоносных (пироклор, колумбит-танталит, циркон, литиевые, бериллиевые и редкоземельные минералы) кварц-альбит-микроклиновых метасоматитов. Месторождение оценивалось в 90-е годы XX века и осталось недоразведанным. Содержание  $Nb_2O_5$  - 0,2 %,  $Ta_2O_5$  - 0,0155 %, STR - 0,063 % (доля иттриевых элементов 30...40 %),  $Li_2O$  - 0,086,  $ZrQ_2$  - 0,4 %. Технологической схемой обогащения руд предусматривается получение Nb, Ta, Zr, Hf, TR (Y), U, Li, Rb.

- *Катугинское иттриевоземельно-ниобий-циркониевое месторождение* рудоносных приразломных щелочных (кварц-альбит-микроклиновых) метасоматитов расположено на севере Читинской области в 140 км от станции Новая Чара на Байкало-Амурской магистрали. Среднее содержание  $Nb_2O_5$  в рудах - 0,31,  $Ta_2O_5$  - 0,019 %, STR - 0,25 % (доля иттриевых элементов 40...50 %),  $ZrO_2$  - 1,38 %. Инвестиционный проект освоения этого месторождения разрабатывает Забайкальский ГОК.

- *Горноозерское ниобиевое месторождение* расположено в Усть-Майском улусе Республики Саха-Якутия и приурочено к одноименному карбонатитовому массиву. Месторождение изучено только с поверхности, его оценка весьма слабая. Пироклорная минерализация приурочена к линейным зонам магнезиальных карбонатитов. Среднее содержание  $Nb_2O_5$  по ограниченному числу проб - 0,25 %. На месторождении выявлена также озерная россыпь пироклора, которая осталась не оцененной. По аналогии с Томторским месторождением она может быть достаточно богатой.

- *Вишняковское танталовое месторождение* расположено в Иркутской области в 110 км от станции Тайшет и связано с ней автодорогой. Жильные тела редкометалльных пегматитов мощностью до 40 м содержат танталитовую, бериллиевую и липедолитовую (литиевую) минерализацию. Среднее содержание  $Ta_2O_5$  составляет 0,0198 %, а по отдельным жилам участка Рябиновый - 0,023...0,03 %. Возможно попутное извлечение лития при среднем содержании  $Li_2O$  - 0,086 %, а также бериллия. Содержание  $Nb_2O_5$  невысокое - 0,02 %, но при добыче танталового сырья ниобий будет извлекаться уже как попутный компонент. Месторождение требует доразведки [13].

В целом действующие мощности по добычи ниобиевого сырья уже обеспечивают потребности российских металлургов в ниобиевых легирующих добавках (200...250 т в год), и даже с учетом роста потребности трубной продукции для магистральных трубопроводов только плановое развитие мощностей Стальмага и Забайкальского ГОКа может пере-

крыть новые объемы спроса вплоть до 2005 г. (до 600...800 т).

Проблемы Севредмета и Соликамского МЗ необходимо решать их владельцам (Компании ФТК и Russia Growth Fund) в рамках создания единой технологии переработки комплексного ниобиевого-редкоземельного сырья с получением конечных товарных продуктов (индивидуальных редкоземельных металлов и их оксидов, феррониобия, металлических ниобия и тантала) и создании достаточных мощностей для годовой переработки 22...25 тыс. т лопаритового концентрата. Этот холдинг может выпускать в год до 1000 т ниобиевых и до 100 т танталовых продуктов.

Реализация продукции реконструированного Севредмета и нового добычного предприятия Алросы на Томторском месторождении требует уже выхода за пределы российского рынка. Выход на мировой рынок ограничен политикой мирового монополиста ниобиевой продукции - бразильской компании СВММ. Имея самую низкую себестоимость добычи и переработки ниобиевого сырья, она может контролировать уровень мировых цен, препятствуя появлению серьезных конкурентов. Российским производителям избыточной ниобиевой продукции необходимо ориентироваться на солидарный рынок металлургии стран СНГ (Украины, Казахстана) и растущий рынок потребления металлургии Китая. Кроме сектора металлургии необходимо серьезно изучить тенденции развития в ближайшие 20 лет мировых энергосберегающих технологий на основе сверхпроводящих систем электропередачи, основанных на ниобиевых сплавах, на производство которых потребуется до 5 тыс. т в год.

Имеющихся производственных мощностей Ключевского завода ферросплавов хватает для про-

изводства 1500 т феррониобия в год, 1000 т Ni-Nb сплава и 500 т Cr-Nb-Ni-лигатуры. Таким образом, объемы предлагаемых к переработке пироксировых продуктов Стальмага, Забайкальского и Ново-Орловского ГОКов, а также планируемых к поставке с Томторского месторождения, могут быть приняты к переделу этим предприятием. Для производства товарных металлических изделий из ниобия и тантала российским компаниям можно использовать толлинговые схемы работы с казахстанскими компаниями КазНиобий - Иртышский химико-металлургический завод и Ульбинский металлургический завод. В случае улучшения конъюнктуры сверхпроводящих материалов реален и вариант организации на территории России производства по выпуску ниобиевого проката. Такое производство существовало ранее на Опытном химико-металлургическом заводе ГИРЕДМЕДа (г. Подольск, Московской области) и Опытном заводе тугоплавких металлов и твердых сплавов (г. Москва).

Создание новых производств по добыче и выпуску ниобиевой продукции возможно также в рамках попутного их извлечения при освоении месторождений других полезных ископаемых - например Катугинского иттриеворедкоземельно-циркониевого, Вишняковского танталового, Завитинского литиевого и др. Ввод этих объектов будет давать дополнительное предложение всего в первые десятки т ниобия, что не может серьезно отразиться на рынке его спроса.

Освоение же месторождений дальнего резерва (Улуг-Танзекского в Республике Тыва и Гусиноозерского в республике Саха-Якутия) в условиях избыточного предложения ниобиевого сырья более дееспособных компаний, работающих на богатых и легкообогатимых рудах, вряд ли целесообразно.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Елютин А.В., Чистов Л.Б., Эпштейн Е.М. Проблемы освоения минерально-сырьевой базы ниобия // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. - 1999. - № 3. - С. 22-29.
- Кудрин В.С., Кушпаренко Ю.С., Петрова Н.В. и др. Минеральное сырье. Ниобий и тантал. Справочник. - М.: Геоинформарк, 1998. - 63 с.
- Минеральные ресурсы мира на начало 2001 года. - М.: Аэрогеология, 2002. - Т. 2. - 476 с.
- Mineral commodity summaries 2003. - Pittsburgh, PA (USA): USGS, 2003. - 196 p.
- Niobium. Mineral annual review 2001. - Pittsburgh, PA (USA): USGS, 2002. - P. 21.1-28.14.
- Metal prices in the United States through 1998. - Pittsburgh, PA (USA): USGS, 1998. - 179 p.
- Виньков А. На рынке ниобия России и стран СНГ // Эксперт. - 13 августа 2001 года.
- Жевелюк И. Охота за "движимым" имуществом // Норд-Вест-Курьер. - № 41 (54). - 21-27 ноября 2002 года.
- Семенов Ю. Российский ниобий. Первая ласточка из Сибири // Природо-ресурсные ведомости. - 31 августа 2001 года, <http://gazeta.priroda.ru>.
- Сайтов Ю.Г., Харитонов Ю.Ф., Шевчук Г.А. Минерально-сырьевая база Читинской области. Перспективы освоения и развития. Часть 2 // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. - 2002. - № 5. - С. 8-20.
- Темнов А.В. Геолого-технические проблемы обработки ультрабогатых редкометалльных руд Томторского месторождения // Природные и техногенные россыпи и месторождения кор выветривания на рубеже тысячелетий. Тез. докл. XII Междунар. совещ. - М.: ИГЕМ РАН, 2000. - С. 345-347.
- Эпштейн Е.М., Усова Т.Ю., Данильченко Н.А. и др. Ниобий России: состояние, перспективы освоения и развития минерально-сырьевой базы // Минеральное сырье. Серия геолого-экономическая, № 8. - М.: ВИМС, 2000. - 103 с.
- Кудрин В.С., Рожанец А.В., Чистов Л.Б. и др. Тантал России: состояние, перспективы освоения и развития минерально-сырьевой базы // Минеральное сырье. Серия геолого-экономическая, № 4. - М.: ВИМС, 1999. - 90 с.