



А. В. Толстов



Александр Васильевич Толстов, доктор геолого-минералогических наук, академик РАН, заслуженный геолог Республики Саха (Якутия), лауреат премии им А. Н. Косыгина, главный геолог Ботубинской геологоразведочной экспедиции АК «АЛРОСА».

Само словосочетание «редкие элементы» достаточно условное и используется с той поры, когда большая часть элементов этой группы была действительно редкой как по нахождению в недрах, так и по применению в промышленности. За последние десятилетия в группе «редких» побывало более 50 известных на сегодняшний день химических элементов. Сравнительно недавно к ним относились титан, ванадий, вольфрам, молибден, олово и даже инертные газы, что сейчас воспринимается разве что с улыбкой. В настоящее время к «редким» относится 35 элементов, включающих группу редких металлов (литий, бериллий, цирконий, тантал, ниобий и др.) и группу редких земель (лантаноиды, иттрий и скандий).

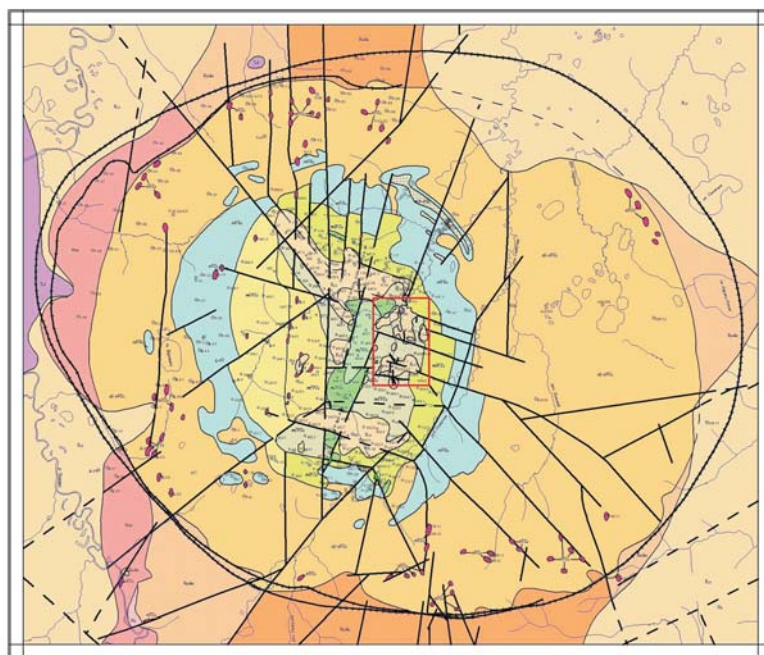
По образному выражению д.г.м.н. Н. А. Солодова (Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов, г. Москва), редкие элементы – это витамины промышленности. Подобно тому, как живой организм не может полноценно разви-

ваться без микрограммовых количеств витаминов, так и вся передовая современная промышленность с её нанотехнологиями и наукоёмкими инновационными программами невозможна без редких элементов.

Сегодня без них не осуществимы практически все ресурсо- и энергосберегающие технологии. Многие редкие металлы, долгое время не находившие применения, в настоящее время дали жизнь таким областям современной промышленности, науки и техники, как солнечная энергетика, сверхскоростной транспорт на магнитной подушке, инфракрасная оптика, оптоволоконная электроника, лазеры, ЭВМ последних поколений.

Уникальные результаты применения редких элементов, разработанные и апробированные в Китае и Казахстане, с разным подходом обещают революцию в сельскохозяйственной области. Китайские разработчики предусматривают применение комплекса редкоземельных элементов для повышения продуктивности уро-

На фото сверху – винтокрылый помощник геологов.



(масштаб 1:150 000)

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ.

T₁₁	Триасовая система. Нижний отдел. Туфолаво-вая толща. Туфы, лава, платобазальты.	æ₂⁺PZ₁	Безрудная группа Карбонатиты безрудные (кальциевые и доломит-кальциевые)
P₁₋₂	Пермская система. Нижний-верхний отдел пересеченные. Конгломераты, грабелиты, песчаники, алевролиты, угли.	æ₂⁻PZ₁	Кальций-микроклин-слюдистые породы
Vtm	Венд. Томторская свита. Песчаники, грабелиты, алевролиты.	æ₁⁻V-PZ₁	Камафориты (кальций-флогопит-магнетитовые породы)
Ruk₂	Верхняя подсвита. Доломиты, сланцы, алевролиты.	ε⁺PZ₁	Комплекс силикатных пород Щелочно-ультраосновные породы альвинит-титанитовой серии (альвиниты, щелочные титриты, титаниты и др.)
Ruk₁	Нижняя подсвита. Доломиты, сланцы, алевролиты, песчаники.	ε₁⁻ηPZ₁	Щелочные и нефелиновые сиениты
Рифей PR₃ (R)	Углоокислородная свита	ε₂⁻PR₃	Фондолиты (нефелин-тироксеновые породы ряда якутирантит-уритин)
Эндегенные образования массива Томтор		Прочие обозначения	
æ₁⁺PZ₁	Карбонатитовые брекчии, алевролиты.		Геологические границы
æ₁⁻PZ₁	Карбонатиты редкометалльные (анкеритовые)		Тектонические нарушения:
æ₁⁺PZ₁	Анкерит-шазолитовые породы		а) достоверные
æ₁⁻PZ₁	Фосфорно-редкометалльная подгруппа		б) предполагаемые или погрешенные
æ₂⁺PZ₁	Карбонатиты фосфорно-редкометалльные (полиметалльные)		Границы массива Томтор:
æ₂⁻PZ₁	Апатит-микроклин-слюдистые породы		а) по данным магниторазведки;
			б) по данным гравиразведки.
			Контуры участка Буранный

Обзорная геологическая карта массива Томтор.

жаев, тогда как исследованиями учёного из Казахстана Ф. В. Сайкина установлено, что применение малых доз одного только редкого металла неодима повышает урожайность продовольственных культур до 65% [1].

Используя низколегированные стали, содержащие 0,03 – 0,07% ниобия и 0,01 – 0,1% ванадия, можно на 30 – 40% снизить вес конструкций при строительстве автомобилей, мостов, многоэтажных зданий, газо- и нефтепроводов, геологоразведочного бурового оборудования и увеличить срок их службы в 2 – 3 раза. Это весьма актуально при строительстве нефте- и газопроводов в сложных природных и климатических условиях и в агрессив-

ных средах (дно Балтийского и Чёрного морей), а также при строительстве нефте- и газодобывающих платформ для добычи углеводородов на шельфе. Все это обуславливает в самом ближайшем будущем кардинальный рост потребности в редких элементах.

На мировом рынке редкие элементы цериевой группы (легкие лантаноиды) характеризуются парадоксально низкими ценами и незначительными объёмами, определяемыми существующей мировой сырьевой базой (Китай). В то же время элементы другой группы скандий и иттриевые редкоземельные элементы имеют чрезвычайно высокую стоимость, что объективно сдерживает их потребление и не позволяет использовать в новых отраслях народного хозяйства, где они более чем необходимы. Потребление редких элементов на тонну стали и на душу населения – это своеобразный показатель промышленной развитости государства. В большинстве развивающихся стран (в том числе и в России) этот показатель отстаёт от промышленно развитых стран в несколько раз, а по некоторым металлам – на порядок.

В 80-х годах XX в. Советский Союз стал значительно отставать от развитых стран по валовому потреблению ниобия, тантала и циркония. Львиная доля добываемых редких металлов шла на оборонную промышленность, а на народное хозяйство приходилось лишь крохи. В дальнейшем эта тенденция только усугублялась. После развала СССР единая редкометаллическая промышленность распалась и

оказалась в разных государствах (Казахстан, Россия, Эстония). В результате были разорваны экономические связи, которые сейчас уже не могут быть восстановлены в прежнем виде.

Таким образом, промышленность России характеризуется низкой насыщенностью рынка редкими элементами. Кардинальное изменение создавшегося положения возможно при вводе в эксплуатацию новых уникальных объектов мирового уровня, способных удовлетворить любые потребности рынка.

В природе редкие элементы встречаются в нескольких генетических типах: пегматитовые (тантал, берил-



Автор статьи А. В. Толстов за изучением уникальных пироклор-монацит-крандаллитовых руд (пос. Эбелях, 1994 г.)

лий, литий, ниобий), прибрежно-морские россыпи (цирконий, церий, лантан), а также такие экзотические типы, как ископаемые скопления костных рыбных остатков (скандий, иттрий). Но всё же главным типом руд редких элементов являются карбонатитовые месторождения и коры выветривания под ними. Все известные уникальные скопления редких элементов приурочены именно к массивам щелочно-ультраосновных пород и карбонатитов, являющихся лидерами по их запасам.

Естественные концентрации редких элементов значительно варьируют и измеряются от первых граммов на тонну (скандий), тысячных и сотых долей (тантал), до десятых долей процентов (ниобий, церий, лантан). Концентрации, представляющие промышленный интерес, в несколько раз или на порядок выше.

Россия обладает колоссальной минеральной базой редких элементов, которая сосредоточена преимущественно в северных и восточных регионах страны. Маймеч-Котуйская, Восточно-Саянская, Сете-Дабанская, Уджинская и Кольская провинции щелочно-ультраосновных пород и карбонатитов составляют колоссальную сырьевую базу железа, фосфора и редких элементов.

Выявленный в 1959 г. новый массив Томтор расположен на 71-м градусе Северной широты, среди девственных красот лесотундровой полосы Якутии. Климат здесь характеризуется долгой полярной зимой (с сентября по май, причём три месяца – с ноября по январь – вообще без солнечного света) и нестабильно жарким летом (июнь – август). В 70 – 80-е гг. прошлого века в пределах этого массива ленинградскими геологами были установлены значительные скопления железа, фосфора и редких элементов, приуроченных к карбонатитам ядра и их корам выветривания. Первая геолого-экономическая оценка нового объекта, выполненная в начале 80-х годов XX в. сотрудниками Научно-исследовательского института геологии Арктики и Антарктики, несмотря на значительные прогнозные ресурсы, из-за неблагоприятного местоположения массива давала лишь призрачные надежды на его освоение в неопределённом будущем.

Однако при поисково-оценочных работах на массиве Томтор в середине 80-х годов (ПГО «Якутскгеология») были выявлены неизвестные ранее пироклор-монацит-крандаллитовые руды с колоссальными запасами и уникальными параметрами рудоносности, кар-



Тысячи ящиков керна – с этого начинается разведка.



Рутинная работа – составление документации на керн.

динальным образом изменившие отношение к месторождению [2, 3]. Подобные объекты исключительно редки и могут быть сопоставимы с самыми уникальными месторождениями мира: Виттватерсранд или Сухой лог (золото), Чукикамата (медь) и Норильская группа (медно-никелевые руды с платиноидами).

При изучении руд было предложено несколько точек зрения на их генезис, главными из которых являются три: 1) осадочного происхождения; 2) в результате гипергенного изменения эффузивно-осадочных пород; 3) при последовательной смене окислительного и восстановительного процессов с поэтапным выносом породообразующих элементов и многократным концентрированием нерастворимых рудных компонентов. По нашему мнению, все эти гипотезы в определённой степени объясняют происхождение уникальных руд, однако наиболее полно на вопросы генезиса отвечает третья из них, разработанная автором данной статьи совместно с А. В. Лапиным [2, 3].

В обобщённом виде генезис уникальных руд представляется следующим образом. Массив Томтор, сформированный в результате длительно развивающихся эндогенных процессов с венда по средней палеозой, в девоне был выведен на поверхность, в результате чего начал подвергаться латеритному выветриванию*. Самым глубоким преобразованиям подверглись неоднородные по вещественному составу рудносные карбонатиты, в результате чего на них сформировались коры выветривания мощностью до 300 м. Неоднородности рельефа обусловили латеральное перераспределение гипергенного вещества, верхних горизонтов в депрессии и образование специфических переотложенных кор выветривания с чётко проявленной Nb-TR специализацией [4].

Первый этап образования руд ознаменовался выносом из карбонатитов Са и CO_2 , со-

ставляющих от 50 до 90% объёма субстрата (карбонатитов), и накоплением в остаточных корах выветривания рудных элементов (преимущественно в форме оксидов и фосфатов). При этом под воздействием окислительных условий в корах выветривания карбонатитов происходила интенсивная миграция химических элементов, сопровождающаяся перераспределением рудных компонентов и накоплением оксидов в верхней части разреза, а фосфатов – в нижней. В результате этого в разрезе в первую стадию сформировались два горизонта: верхний охристый – преимущественно лимонитовый, и нижний зернистый – франколитовый.

Первичная неоднородность субстрата обусловила широкое проявление карста в карбонатитовом субстрате, и, как следствие, образование впадин в палеорельефе. Особенностью гипергенеза в карбонатитовых комплексах центрального типа, таких как массив Томтор, является замкнутость системы без значительного привноса и выноса рудных минералов за пределы ядра. Выветривание сопровождалось просадкой с переносом и переотложением верхнего, обогащённого рудными минералами материала, в погружённые участки [5].

В конце девона – карбоне в центральной части массива Томтор на рыхлых образованиях латеритной коры выветривания возникли замкнутые озёра размером до 1 – 2 км в поперечнике, являвшиеся областями механического сноса рудных минералов. Это обусловило появление трёх локальных участков (Северный, Буранный и Южный), аномально обогащённых рудными минералами. В раннепермское время депрессии были заполнены пресноводными угленосными водоёмами, что привело к резкой смене в верхней части разреза окислительных условий восстановительными. Вследствие этого оксид-



«Томтор» по-якутски – бугор.

* Латеритное выветривание – процесс изменения и разрушения минералов и прочих пород в климатических зонах со сменой дождливых и сухих сезонов. Его химизм сводится к разложению алюмосиликатов и силикатов исходных пород, выносу щелочей, щелочных земель и кремнекислоты и к накоплению в верхней зоне коры выветривания оксидов и гидрооксидов Al, Fe, Ti и других элементов-гидролизатов.

ные (преимущественно марганцовисто-железистые) продукты кор выветривания подвергались воздействию бескислородных вод с очередным выносом подвижных двухвалентых железа и марганца и накоплением тяжёлых редких элементов, фосфора и алюминия с образованием оксидно-алюмофосфатного рудного пласта. Накопление в пермских водоёмах угленосных отложений и последующая вслед за этим юрская морская трансгрессия обусловили захоронение уникальных образований вплоть до наших дней.

Таким образом, в качестве первого, главного фактора локализации оруденения в переотложенных корях выветривания массива Томтор выступает его приуроченность к карбонатитам, которые из всех пород массива характеризуются наиболее высокими концентрациями редких металлов и служат исходным материалом для накопления их в продуктах выветривания. Мощный гипергенез является вторым определяющим фактором, обусловившим наличие уникального оруденения. При этом резкое различие состава субстрата (карбонатного и карбонатно-силикатного) сыграло решающую роль в концентрации оруденения (гипергенные процессы в карбонатном субстрате протекают гораздо интенсивнее). Следствием этого является наличие мощных, зональных кор выветривания на рудных карбонатитах. Третьим важным фактором является механическое переотложение рудных минералов (пироксид и монацит) с бортов впадин в депрессии, заполненные водами, насыщенными органикой. Четвёртым решающим фактором рудоконцентрации выступает эпигенез, в результате которого из-за выноса железа и марганца произошло дополнительное многократное обогащение переотложенного материала рудными компонентами. Последним условием является захоронение рудного пласта, предотвращающее его от размыва до настоящего времени. Эти последовательно проявленные процессы могли обусловить образование месторождений редких элементов в аналогичных ситуациях в других карбонатитовых массивах [4, 5, 6].

По составу в рудах массива Томтор выделяются две разновидности: пироксид-монацит-крандаллитовые, слагающие центральную часть залежи Буранного участка, и высококремнистые каолинит-крандаллитовые руды, слагающие фланги основной залежи и прослойки внут-



Породы, возраст которых превышает три миллиарда лет.

ри неё. Руда представляет собой смесь пироксидового, монацитового и крандаллитового концентратов. Минералы группы крандаллита – это, помимо собственно крандаллита (кальциевого фосфата алюминия), три фосфата алюминия и стронция (гояцит, бария (горсейсит) и редких земель (флоренсит). Основную ценность представляют руды пироксид-монацит-крандаллитового состава [6].

Практическая значимость нового типа руд определяется набором, колоссальными запасами и уникальными концентрациями Nb, Y, Sc, TR. Подсчёт запасов выполнен по кондициям, утверждённым государственной комиссией по запасам. Объём кондиционных руд участка Буранный, подсчитанный по бортовому содержанию Nb_2O_5 1%, составляет колоссальную цифру – 42,7 млн. т. На государственный баланс поставлены запасы нового геолого-промышленного типа по категориям В+С₁, предназначенные для открытой отработки по бортовому содержанию Nb_2O_5 3,5% и предельном коэффициенте вскрыши $3,5 \text{ м}^3/\text{м}^3$ в объёме около 1,2 млн. т. Содержания в балансовых рудах составляют: Nb_2O_5 – 6,71%, Y_2O_3 – 0,595%; Sc_2O_3 – 0,048%, TR_2O_3 – 9,53%. Руды участка первоочередной отработки при планировавшихся незначительных объёмах добычи хватит более чем на 100 лет эксплуатации при окупаемости основных фондов предприятия от 4 до 7 лет. Таким образом, на сегодняшний день Томторское месторождение по праву является лидером среди редкометалльных гигантов. По запасам и концентрациям Nb_2O_5 и TR_2O_3 , оно превышает все известные мировые аналоги и является уникальным [7]. Так, месторождение Араша (Бразилия), дающее более 80% мировой добычи ниобия, содержит руды с концентрациями 2,5% Nb_2O_5 , а в крупнейшем редкоземельном месторождении Баюнь Обо (Китай), редкоземельной продукцией которого на 97% заполнен мировой рынок, содержатся руды с концентрациями TR_2O_3 около 10%.

Пироксид-монацит-крандаллитовые руды Томторского месторождения являются весьма сложным объектом для механического обогащения. Предпринятые ранее попытки механического обогащения различных сортов руды этого месторождения не увенчались успехом.



Пейзаж Анабарского кристаллического массива.



Здесь будет буровой профиль.

Для нового типа руд принята гидрометаллургическая схема обогащения, которая обеспечивает получение кондиционных концентратов при высоком извлечении полезных компонентов. Разработанные схемы переработки предусматривают двухстадийную схему вскрытия руды: щелочное её разложение с выведением P_2O_5 и последующее солянокислотное вскрытие с хлорированием твёрдого остатка и экстракцией TR_2O_3 [1, 8]. Альтернативной является сернокислотная обработка исходной руды.

Лабораторные исследования позволили разработать технологический регламент, согласно которому из руды возможно получение 10 товарных продуктов, имеющих свою цену на мировом рынке:

технического пентаоксида ниобия, 95%, НБО-М, ГОСТ 23620-79;

- диоксида титана (пигментного), 99,9%;
- оксида скандия, 99,9%, ТУ 95.148-77;
- оксида европия, 99,99%, ОСТ 48-199-81;
- оксида церия, 99,9%, ОСТ 48-195-81;
- оксида неодима, 99,9%, ОСТ 48-197-81;
- оксида иттрия, 99,9%, ОСТ 18-208-81;
- оксида самария, 96%;
- оксида лантана, 99,99%;
- оксида празеодима, 96%.

Щелочной алюминатный раствор, соединения бария и стронция, соляная кислота, хлорид алюминия и тринатрийфосфат также относятся к продуктам производства, поскольку они участвуют в технологическом процессе. Таким образом, разработанной схемой переработки руды достигается комплексная и глубокая её переработка с максимально полным использованием компонентов.

Геолого-экономическая оценка месторождения является сложнейшей задачей и обусловлена уникальностью по количеству и качеству запасами руд, неопределённостью реального спроса на товарную продукцию и волатильностью на неё цен в России, а также достаточно высокими ценами товарной продукции на мировом рынке. Стоимость товарной продукции в 1 т руды варьирует по нашим реалистичным данным от 2 до 3,5 тыс. долл. (по оптимистичному прогнозу Г. Мелентьева и А. Самонова [9] она превышает 8,5 тыс. долл.). Запасы руды в контурах карьера первоочередной отработки составляют около 1200 тыс. т при содержании Nb_2O_5 – 6,71%, Y_2O_3 – 0,595%, Sc_2O_3 – 0,048%, TR_2O_3 – 9,53. Небольшая глубина залегания пласта в блоке первой очереди (15 м) и мощность руды 12 м обуславливают возможность её добычи открытым способом. Срок отработки блока составит 8,5 лет при окупаемости основных фондов предприятия (при различных подсчётах) около 5 лет.

Несмотря на резкие колебания и даже некоторое снижение к настоящему времени стоимости некоторых редкоземельных элементов, цены на главные продукты, составляющие более 60% (а на 2010 г. – более 80%) стоимости получаемой товарной продукции (ниобий, скандий, празеодим и европий), существенно выросли (таблица). Приведённые материалы дают основание утверждать, что уникальному Томторскому месторождению в ближайшем будущем нет альтернативы. Предприятие, которое начнёт его разработку, может рассчитывать не только на многолетнее прибыльное производство, но и в течение ближайшего десятилетия гарантированно может стать монополистом на рынке редких элементов всего СНГ. Этот проект, на наш взгляд, как нельзя кстати подходит для программы интенсификации и инновационного развития народного хозяйства России. Необходимость отработки этого месторождения очевидна по

Динамика мировых цен (в долларах за 1 кг) на товарную продукцию Томторского месторождения [10]

Товарная продукция	Чистота, %	Данные ИМГРЭ, г. Москва, на 2000 г.	Стоимость, принятая в расчётах на 2000 г.	Данные Metalltorg FOB, Китай на 2008 г.	Данные Free Market, США, на 2009 г. (www.Mineral.ru)
Nb_2O_5	95,0 – 99,9	13,0 – 18,0	15,0	23,5	25,0
CeO_2	98,0 – 99,99	12,0 – 33,0	10,0	4,7 – 4,8	4,2
Eu_2O_3	99,9 – 99,99	255,0 – 325,0	280,0	490 – 510	466,0
La_2O	99,0 – 99,999	12,0 – 14,0	12,0	7,5 – 8,0	5,9
Nd_2O_3	96,0 – 99,99	14,0 – 120,0	24,0	17,5 – 18,0	15,33
Pr_2O_3	96,0 – 99,5	7,0 – 18,0	7,0	17,5 – 18,0	16,32
Sm_2O_3	96,0 – 99,9	13,0 – 32,0	25,0	4,25 – 4,75	нет данных
Sc_2O_3	99,0 – 99,999	1000,0 – 4500,0	600,0	900 – 2540	900 – 2540
Y_2O_3	99,0 – 99,999	22,0 – 25,0	20,0	15,3 – 15,8	13,55



Так живут геологи и буровики.

следующим объективным причинам: 1) в непосредственной близости от него разведаны и успешно отрабатываются алмазные россыпи, месторождения углеводородов, углей и стройматериалов; 2) вовлечение в промышленную обработку Томтора благоприятно отразится на экономике заполярных улусов и всей Якутии; 3) эксплуатация этого месторождения выведет нашу республику в лидеры по поставке редких элементов на рынок России.

Томторские руды радиоактивны, что обусловлено наличием урана и тория. Концентрация первого составляет 0,0018 – 0,0892%, второго – 0,0191 – 0,3044%, эквивалент содержания Ra – 0,0302 – 0,4656%. По результатам экологических наблюдений, радиоактивность на поверхности Томторского массива изменяется от 2 до 22 мкР/ч и имеет природное происхождение, свидетельствующее об отсутствии техногенного заражения почв радионуклидами при проведении поисков и разведки.

Поскольку большинство химических элементов руды являются инертными водными мигрантами и присутствуют в виде нерастворимых в воде минеральных соединений, миграция их возможна лишь во взвешенном состоянии в период паводков. Экологически опасными в рудах могут быть повышенные концентрации цинка, стронция, бария и тория. Особую опасность при разработке месторождения представляет заражение поверхностного слоя почв химическими элементами с повышенными токсичными и радиоактивными свойствами (Th, U, Tl, Rb, Cs, Sr), содержащимися в руде. Для предотвращения попадания их в водотоки и рассеивания должны быть приняты меры повышенной безопасности при затаривании контейнеров, а складирование сохраненных отвалов необходимо производить в естественные участки рельефа.

Рудные минералы, концентрирующие тяжёлые, радиоактивные и токсичные элементы, имеют максималь-

ный удельный вес, и их перенос при ветровой эрозии будет наименьшим по сравнению с породообразующими минералами, составляя менее 1 км. Негативному влиянию от отработки месторождения может подвергнуться территория в радиусе 2,5 км от карьера, включая непосредственно карьер, горнорудное предприятие, отвалы вскрышных пород и сохраненные отвалы забалансовых руд. Однако с учётом возможности стихийных бедствий (наводнений, ураганов, смерчей и т. д.), площадь охранной зоны вокруг месторождения всё же следует принять двукратно превышающей максимально возможную, т.е. до 5 км.

Опасность загрязнения окружающей природы токсичными радиоактивными элементами и тяжёлыми металлами связана только с золовым разнесом минеральных частиц из карьера и из отвалов забалансовых руд. В течение года в районе преобладают субмеридиональные направления ветров, что несомненно

должно учитываться при разработке будущего карьера. Решение этих проблем может снять все препятствия для более масштабной отработки месторождения.

Проектируемая мощность карьера составляет от 10 до 200 тыс. т сухой руды в год. Карьер размером 200 x 400 м и глубиной 40 м создаст в породах прибортовую зону, в той или иной мере затронутую горнодобычными работами, объёмом не более 1 млн.м³. Это небольшие объёмы по сравнению с ныне действующими в регионе и в динамично развивающихся предприятиях ООО «Алмазы Анабара» и ГПП «Нижнеленское», годовые объёмы которых в несколько раз превышают эти показатели.

Принятый способ отработки месторождения Томтор не бесспорен. Опыт работы карьера при добыче такого незначительного объёма руды в подобных условиях отсутствует, поскольку сезонная зимняя эксплуатация должна предполагать его полную или частичную консервацию на летний период. Реальным может быть и вариант шахтной добычи с летней консервацией ствола или экспериментальная траншейная отработка с ежегодной закладкой выработанного пространства [1, 4, 8]. В любом случае это должен быть экологичный вариант, что особенно важно для легкоранимой северной экосистемы. На первом этапе необходимо также опробовать принципиальную возможность предварительной подготовки руды (рентгено-радиометрической сортировки) для существенного улучшения её качества и снижения объёмов транспортировки до устья р. Анабар (самый северный причал Юрюнг-Хая) и далее, водным транспортом до Красноярска [7, 10].

Стремительный экономический рост, прогнозируемый для России, неизбежно повлечёт повышение потребности в редких элементах уже в самое ближайшее время и в значительных объёмах. Отечественные геологи подготовили уникальную сырьевую базу, готовую обес-



Старая, выдавшая виды буровая.

печить любую потребность в них за счёт комплексных ниобий-редкоземельных руд одного только Буранного участка Томторского месторождения. Его освоение позволит в кратчайшие сроки воссоздать утраченное после развала СССР редкометалльное производство в России в рамках вновь созданного Таможенного союза, а также исключить зависимость страны от импорта редких элементов и прочно занять свое достойное место на мировом рынке с конкурентной продукцией. Первыми такую заинтересованность высказали руководители крупнейшего в бывшем СССР Ульбинского завода редких металлов (Усть-Каменогорск, Казахстан). Это добрый знак, поскольку тесная кооперация этого завода с Красноярским горно-химическим комбинатом и горнодобывающим предприятием позволит быстро организовать и связать воедино цепочку добычи, транспортировки и переработки руды для получения готовой высоколиквидной продукции. Сегодня как никогда появилась уверенность в том, что недалёк тот день, когда новыми сполохами засияет некогда дикий и суровый, но удивительно богатый недрами якутский край прианбарского Заполярья.

Список литературы

1. Толстов, А. В. Проблемы оценки и освоения ниобий-редкоземельных руд Томторского месторождения / А. В. Толстов // *Материалы XIV Международного совещания по геологии россыпей и кор выветривания*. – Новосибирск : ООО «Апельсин», 2010. – С. 656–660.
2. Лапин, А. В. Новые уникальные месторождения редких металлов в корах выветривания карбонатов / А. В. Лапин, А. В. Толстов // *Разведка и охрана недр*. – 1993. – № 3. – С. 7–11.
3. Лапин, А. В. Месторождения кор выветривания карбонатов / А. В. Лапин, А. В. Толстов. – М. : Наука, 1995. – 208 с.
4. Толстов, А. В. Промышленные типы месторождений в карбонатных комплексах Якутии / А. В. Толстов, А. Р. Энтин, О. А. Тянь, А. Н. Орлов. – Якутск : ЯНЦ СО РАН, 1995. – 168 с.
5. Толстов, А. В. Проблемы геолого-экономической оценки Томторского месторождения / А. В. Толстов // *Материалы международного симпозиума: Стратегия использования и развития минерально-сырьевой базы редких металлов в XXI веке*. – М. : Изд-во «Геоинформ-марк», 1998. – С. 135–137.
6. Толстов, А. В. Геология и рудоносность массива Томтор / А. В. Толстов, О. А. Тянь. – Якутск : ЯНЦ СО РАН, 1999. – 164 с.
7. Tolstov, A. V. Geoeconomical estimation of Tomtor deposit / A. V. Tolstov // *Abstracts of 31-st International Geological Congress*. – Rio de Janeiro, 2000. – 1 p.
8. Толстов, А. В. Проблемы освоения Томторского месторождения / А. В. Толстов // *Материалы XII Международного совещания по геологии россыпей и кор выветривания «Природные и техногенные россыпи и месторождения кор выветривания»*. – М., 2000. – С. 353–355.
9. Мелентьев, Г. Кому и зачем нужен Томтор / Г. Мелентьев, А. Самонов // *Химия и бизнес*. – 2009. – М. – № 2, 3, 6.
10. Эрлих, Э. Н. Новая провинция щелочных пород на северо-востоке Сибирской платформы / Э. Н. Эрлих // *Записки ВМО*. – 1964. – Ч. 93. – Вып. 6. – С. 682–693.

АРХИВ МУДРЫХ МЫСЛЕЙ

Главный враг науки – наукообразность. Главная опасность наукообразности в её близости с наукой.

Д. С. Лихачёв

Наука должна служить только добру! Нельзя допускать, чтобы она опережала уровень нравственности.

Ж. Верн