УДК 551.345

М.Н. Железняк
д-р геол.-мин. наук
Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН (ИМЗ)[1]
директор

И.Е. Мисайлов
Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН (ИМЗ)[1]
научный сотрудник

М.М. Шац
канд. геогр. наук
Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН (ИМЗ)[1]
ведущий научный сотрудник
mmshatz@mail.ru

Эколого-геокриологические условия месторождения «Томтор» (Северо-Западная Якутия)

[1]Россия, Республика Саха (Якутия), 677010, Якутск, кл. Мерзлотная, 36

Освещены эколого-геокриологические условия месторождения Томтор – уникального по запасам редких элементов на Севере Сибири, являющегося безусловным мировым лидером по концентрациям и ресурсам в рудах нового типа. Месторождение имеет неблагоприятное географическое положение, но экономическая эффективность его освоения очевидна. Прослежена история его открытия и освоения, приведены новые данные о результатах геокриологических исследований Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН

Ключевые слова: эколого–геокриологические условия месторождения; концентрация и ресурсы руд нового типа; неблагоприятное географическое положение

Томтор – уникальное месторождение редкоземельных металлов (РЗМ) на Северо-Западе Якутии, которое, по оценке специалистов, является безусловным мировым лидером по концентрациям и ресурсам редких элементов в рудах нового типа [5, 6]. Несмотря на неблагоприятное географическое положение месторождения, масштабы экономической эффективности его освоения очевидны, особенно в связи с позитивным изменением конъюнктуры мирового рынка редких элементов, складывающейся в последние годы, и ориентацией руководства РФ на развитие Арктического региона.

С породами массива Томтор связано комплексное редкометальное месторождение. Его уникальные руды нового томторского типа относятся к виду эпигенетически измененных, частично переотложенных латеритных кор выветривания карбонатитов. Таким образом, специфика этого типа месторождений заключается в его более сложной истории формирования и, в частности, в смене этапов генезиса с переходом от окислительного периода поверхностного выветривания к эпигенетическому восстановительному этапу. Высокий уровень концентрации широкого спектра редких металлов достигается в этих рудах

благодаря суммированию рудоконцентрирующих эффектов двух этапов гипергенеза.

До 1985 г. массив Томтор в специальной литературе был освещен скупо в виде лишь единичных общих упоминаний о его геологическом строении, вещественном составе и рудоносности образований. С началом поисково-оценочных работ представления о геологии и рудоносности массива существенно расширились, а после выявления в 1986–1987 гг. нового типа уникальных руд, исследования начали проводить сотрудники известных НИИ из Якутска, Москвы, Красноярска, Хабаровска и Симферополя.

Природные условия месторождения

Месторождение «Томтор» находится на северо-западе Республики Саха (Якутии) в бассейне р. Онгкучах, левого притока р. Уджа (правый приток р. Анабар), в 325 км к северо-востоку от административного центра – с. Оленек. В административном отношении относится к территории Оленекского эвенкийского национального района.

В орографическом отношении месторождение представляет собой участок невысокого Анабаро-Оленекского плато, находящегося в пределах полого холмистого рельефа в северной части Средне-Сибирского плоскогорья с абсолютными отметками 75–260 м и относительными превышениями до 140 м [3]. Массив Томтор занимает площадь 300 км^2 и отличается хорошо развитой зоной гипергенеза. В строении массива принимают участие три главные серии пород: якупирантит-ийолиты; щелочные и нефелиновые сиениты; карбонатиты. Существенную роль играют также многочисленные дайки и трубки взрыва щелочных пикритов, альнеитов, авгититов. Более детально геологическое строение массива освещено в специальных сводках [5, 6].

В соответствии с результатами исследований Института земной коры СО РАН, Томтор находится вблизи зоны землетрясений с максимальной для республики интенсивностью 9 баллов в дельте р. Лена.

Климат района резко континентальный с продолжительной суровой зимой и корот-

Таблица 1.

Температура горных пород (°С) в пределах участка Буранный

Дата замера					
Глубина, м	30.08.2016 г.	Глубина, м	1986 г.	Глубина, м	1986 г.
1	0,31	0,5	–0,5		
2	–1,49	1,5	–3,1		
3	–2,45	2	–4,3		
4	–3,02	3	–6,7		
5	–3,2	4	–8,1		
6	–3,26	6	–9,3		
7	–3,31	8	–9,1		
8	–3,47	10	–8,4		
9	–3,55	12,5	–7,6		
10	–3,78	17,5	–6,9		
30	–4,33	20	–6,6	20	–6,1
50	–4,89			40	–5,7
70	–4,52			60	–5,2
70	–4,55			80	–4,5
90	–4,37			100	–4,1
120	–3,74			120	–3,6
150	–2,72			140	–3,1
170	–2,43			160	–2,6
				180	–2,3
				200	–1,9
				210	–1,7

ким летом. Среднегодовая температура воздуха – -14,5 °С. Период ее положительных значений составляет 90–100 суток.

Снег на территории участка «Буранный», по результатам исследований Института прикладной экологии Севера СВФУ в 2015 г. [4], характеризовался малой и средней минерализацией, преимущественно гидрокарбонатно-натриево-кальциевым составом и невысоким содержанием взвешенных веществ. Заметных последствий от проводимых буровых работ в солевом составе снеговых вод на территории лицензионного участка (ЛУ) «Буранный» не зафиксировано. Значения суммарной удельной активности альфа- и бета-излучающих радионуклидов в пробах снега сопоставимы со значениями в контрольных пробах снега с фоновых территорий. Установлено, что в пределах исследуемого участка Буранный мощность снега изменяется от 45 до 71 см, а его плотность варьирует от 0,176 до 0,281 г/см^3.

Для района, судя по ограниченной информации геологов и результатам исследований Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН (ИМЗ) в 2016 г., характерно сплошное распространение многолетнемерзлых пород (ММП) мощностью от 165 м собственно на участке Буранный до глубины 750 м в пределах массива Томтор.

Талики зафиксированы в основном в подрусловых частях местных водотоков и под старицами-озерами. Можно предположить, что, судя по отсутствию у местных речек зимнего стока, талики могут быть отнесены к типу несквозных. Глубина слоя годовых теплооборотов в пределах участка Буранный, в зависимости от свойств поверхностных геосистем и строения верхних горизонтов пород, близка к 9 м, а температура пород на подошве этого слоя колеблется от -6,5 до -8,4°С (***рис. 1***, ***табл. 1***). Геотермический градиент в мерзлой толще колеблется от 1,5 до 2,5 °С/100 м глубины.

Формирование толщи ММП здесь связано с многолетним промерзанием горных пород при начавшемся в неогене и продолжавшемся в четвертичное время общем похолодании климата [2]. Длительно существующая структура отрицательного радиационно-теплового баланса привела к возникновению здесь мощной криогенной толщи.

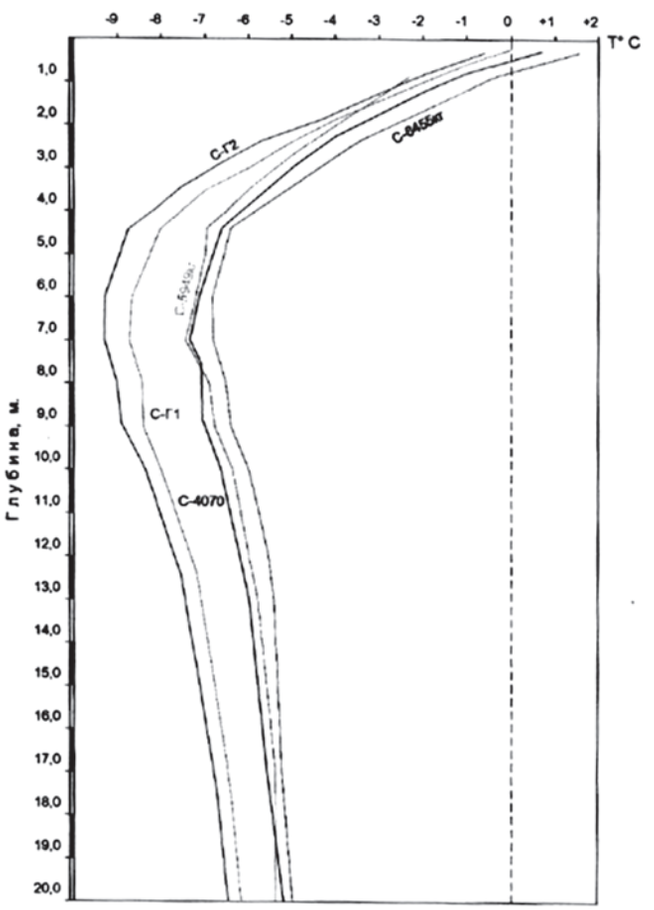
По результатам геотермических исследований в 6 поисково-разведочных скважинах глубиной от 10 до 170 м, а также по фондовым материалам установлено, что ММП в пределах участка Буранный имеют мощность от 180 м в центральной части карбонатитового ядра до 350 м на его обрамлении.

Для режимных наблюдений за температурой грунтов в слое годовых теплооборотов (до глубины 10 м) и в толще ММП (до глубины 170 м) организована сеть с использованием логгерных систем и геотермических установок.

Глубина сезонно-талого слоя грунтов зависит от тех же факторов, что и их температура, и в среднем составляет около 0,5–0,8 м при максимуме 1,5 м – на склонах южной экспозиции.

Важным геоэкологическим аспектом является специфика развития криогенных процессов и явлений. В целом природные условия при естественном развитии территории месторождения не благоприятствуют высокой активности криогенных процессов. В основном это лимитируется небольшой мощностью рыхлых отложений, не превышающей 2–2,5 м. В условиях плосковершинных плакоров с незначительными (2–3°) уклонами развиваются следующие криогенные процессы,

Рис. 1.
Температура горных пород в пределах участка Буранный



ранжированные нами по степени пораженности района месторождения.

Морозное выветривание развито на трети поверхности района и наиболее активно протекает в глинисто-карбонатных породах. В них формируется достаточно мощная (2–5 м) кора криогенного выветривания, которая по своим свойствам резко отличается от подстилающих коренных пород. Этот факт должен быть особо учтен при проектировании.

Солифлюкция также развита на участках глинисто-карбонатных пород, в условиях избыточного увлажнения и под действием гравитационных сил, перемещающихся по склонам со обычной скоростью 8–10 см в год. В отдельных случаях, при значительном уменьшении сил сцепления между частицами грунта и крутизне склонов более 10°, скорость может достигать 30 см в год.

Морозное пучение грунтов развито лишь в пределах озерно-аллювиальных и озерно-болотных отложений, а также аллювиальных отложений пойм и низких террас. Здесь формируется кочковатый микрорельеф с диаметром кочек 30–50 см, редко – до 1,5 м в поперечнике и 0,3–0,4 м высотой, являющийся результатом сезонного пучения (***рис. 3***).

Многолетнее пучение грунтов возможно только на участках развития торфяников с формированием отдельных бугров высотой до 1–1,5 м.

Термокарстовые провалы, в связи с отсутствием крупных залежеобразующих масс льдов и ограниченностью сильнольдистых четвертичных отложений, развиты на отдельных участках поймы, I и II надпойменных террас, в долинах временных водотоков и на плоских или водораздельных пространствах (***рис. 2***). Среди термокарстовых форм, в зависимости от грунтов и морфологии подземных льдов, могут быть выделены понижения овальной формы 2–3 м в диаметре и глубиной 0,2–0,3 м, связанные с вытаиванием маломощных прослоев льда.

Термоэрозия имеет развитие лишь на 4–6% территории. Сформированные этим процессом делли имеют несколько стадий развития, зависящих от мощности и льдистости склоновых отложений. В частности, слабо выраженные на местности делли глубиной всего 20–30 см, обычно приурочены к склонам средней крутизны с маломощным и малольдистым делювием и характеризуются прямолинейностью. Значительно более отчетливо выражены делли на пологих склонах, перекрытых сильнольдистыми отложениями. Подобные термоэрозионные формы имеют глубину до 2–2,5 м при ширине до 30 м.

Морозобойное трещинообразование в связи отсутствием в данном районе необходимых условий – высокой влажности грунтов, больших температурных градиентов в деятельном слое и т.д. – ограничено. Тем не менее, при обнажении участков высоких пойм и низких террас возможно наличие законсервированных маломощных полигонов морозобойных трещин.

По характеру растительности район относится к лесотундре с характерным для этих геосистем слабым развитием почвенного покрова. Леса приурочены к склонам водоразделов, в основном представлены даурской лиственницей с подлеском из кустарниковой березы, ольхи, тальника, багульника, голубики.

Томторские руды, в результате содержания урана и тория, радиоактивны, их излучение

Рис. 2.
Термокарстовые провалы на нарушенных геосистемах участка Буранный (фото А.И. Васильева)

на поверхности массива изменяется от 2 до 22 мкр/ч. Это соответствует фоновым значениям и свидетельствует об отсутствии техногенного заражения почв радионуклидами на стадиях поисков и разведки. Поскольку большинство химических элементов руды являются инертными водными мигрантами и развиты в виде нерастворимых минеральных соединений, перемещение их возможно лишь во взвешенном состоянии в период паводков. Местные жители, в связи с недостаточной информированностью, опасались радиоактивного загрязнения территории и изначально были против проведения работ. Учитывая их опасения, на участке периодически проводят измерения радиационного фона, в которых участвуют представители компании «Восток-Инжиниринг» и члены общественного совета. Судя по результатам их исследований [8], с расстояния в один метр зафиксировано излучение 14 мкР/ч, а в ящиках для хранения керна – около 180–200 мкР/ч. Но при удалении на 2 метра фиксировался обычный радиационный фон.

17 ноября 2016 г. замеры, проведенные внутри складов-кернохранилищ, зафиксировали мощность гамма-излучения 38 мкР/ч, а вблизи рудовозов – 70 мкР/ч, что соответствует допустимым нормам радиационной безопасности [8].

В поселке стационарно установлен радиометр, фиксирующий радиационный фон около 9–10 мкР/ч при норме – до 30 мкР/ч.

Опасность загрязнения окружающей природы токсичными радиоактивными элементами и тяжелыми металлами связана только с эоловым разносом 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.

История освоения месторождения

История открытия месторождения РЗМ Томтор началась с серии поисково-разведочных работ, проведенных с 1958 по 1979 гг. Крайне неблагоприятные пространственное расположение и природные условия месторождения в значительной степени сдерживали его освоение, активизировавшееся лишь в 80-е гг. прошлого века.

Для мирового рынка редких и редкоземельных металлов в последнее десятилетие прошлого века и первое – настоящего было характерно чередование преобладания периодов спроса и предложений, сменившееся устойчи-

Рис. 3.
Бугры сезонные на пологих склонах участка Буранный (фото А.И. Васильева)

вым значительным опережением спроса после 2010 г. Это стимулировало мировое производство РЗМ. Так, только за первое десятилетие XXI в. потребление ниобия в мире выросло вдвое, что вызвало соответствующий рост его производства, а потребление некоторых РЗМ увеличилось в 3–4 раза [Толстов]. Этому способствовало появление новых сфер использования редких элементов со значительным ростом спроса на них и существенным изменением баланса в традиционных областях их применения. В настоящее время наиболее дефицитны неодим, празеодим, тербий и диспрозий, спрос на которые, вероятно, будет расти из-за расширения производства электромобилей. Таким образом, существующий дефицит редких элементов сохранится и в долгосрочной перспективе, а пока основные виды высокотехнологичной продукции, содержащей редкоземельные металлы, в Россию по-прежнему импортируются.

Отечественные предприятия удовлетворяют свои потребности в редкоземельных металлах и их соединениях исключительно за счет импорта, поскольку предприятия по разделению редких земель в России отсутствуют. Кроме того, в стране практически не освоены многие как традиционные, так и инновационные области применения редких земель, чрезвычайно активно развивавшиеся в последние годы за рубежом. Исправление ситуации, т.е. увеличение производства РЗМ в России предполагается за счет освоения отечественных, готовых к эксплуатации месторождений, самым богатым из которых на сегодняшний день является участок Буранный месторождения Томтор [7].

Геолого-экономические условия месторождения

Первая геолого-экономическая оценка нового объекта, выполненная специалистами научно-исследовательского института геологии Арктики (Ленинград) в начале 1980-х гг., из-за неблагоприятного местоположения дала лишь предварительные надежды на эффективность его освоения. Но при поисково-оценочных работах во второй половине 1980-х гг. были выявлены неизвестные ранее пирохлор-монацит-крандаллитовые руды с колоссальными запасами и уникальными параметрами рудоносности, принципиально изменившие перспективы месторождения [6]. В мировой практике подобных объектов совсем мало, и Томтор можно сравнить с такими месторождениями-гигантами, как Виттватерсранд (золотоносный конгломерат) в ЮАР, Сухой Лог (золото) в России, Чукикамата (медь) в Чили, Норильская группа (медь, никель, платиноиды), а среди редкометалльных объ-

Рис. 4.
Нарушенные геосистемы участка Буранный (SakhaLife)

ектов он лидирует, опережая месторождения ниобия (Араша, Бразилия) и редких земель (Маунтин-Пасс, США; Баюнь-Обо, Китай). Практическая значимость нового типа руд определяется набором, запасами и концентрациями ниобия, иттрия, скандия и других редких металлов. Пока удельный вес разведанных запасов руд составляет лишь первые проценты от общих ресурсов. Помимо Буранного, в пределах Томторского месторождения установлено еще два подобных перспективных участка – Северный и Южный – с аналогичными ресурсами руд и сходными параметрами рудоносности. Подсчет запасов руд этих участков показал сопоставимость с Буранным, что позволяет в перспективе существенно нарастить уникальную сырьевую базу месторождения.

В целом геолого-экономическая оценка такого богатого объекта является сложнейшей задачей [5], обусловленной уникальными по количеству и качеству запасами руд, неопределенностью реального спроса на товарную продукцию в России, высокой изменчивостью цен товарной продукции на мировом рынке, а также незавершенными технологическими исследованиями томторских руд. Предполагается уже на стадии проектирования провести технологические исследования имеющихся образцов руды, что позволит повысить достоверность экономических оценок, способов и направлений эффективной эксплуатации Томтора.

Логистическая специфика месторождения

Первоначальный вариант транспортировки руд через Северный Морской путь был наиболее коротким, затрагивал территорию Якутии минимально, и потому не вызывал у специалистов и населения особого беспокойства. По словам первооткрывателя Томторского месторождения А.В. Толстова [6], вариант технико-экономического обоснования транспортировки руды с минимальным захватом Якутии, а именно через входную водную пристань Юрюнг-Хая был разработан и успешно обсужден в Государственной комиссии по запасам в Москве. Дальнейшая транспортировка по Енисею не вызывала протеста у коренных жителей Красноярского края, Эвенкии и Таймырского (Долгано-Ненецкого) автономного округа. Но этот вариант оказался неподходящим для недропользователя ООО «Восток Инжиниринг» по причинам короткого периода навигации, недостаточной глубины вдоль морского побережья для строительства морского порта и других обстоятельств. Поэтому был выбран вариант транспортировки непосредственно через территорию Якутии с соблюдением всех условий упаковки и перевозки руды, обеспечивающих экологическую безопасность этого варианта вывоза. Извлеченная из недр руда будет на месте упаковываться в надежную герметичную тару и доставляться до горно-химического комбината. По пути руда не будет подвергаться перезагрузке из тары – таково одно из основных требований Министерства охраны природы РС (Я), на всех этапах транспортировки она будет в герметичных запломбированных металлических контейнерах. Строгий контроль за соблюдением этих правил делает этот вариант приемлемым, позволяющим решить проблему без серьезного ущерба природной среде и рисков для здоровья жителей Якутии. Транспортирование основной массы Томторской руды, содержащей природные радионуклиды, может осуществляться всеми видами транспорта как обычных грузов при условии, что они будут помещаться в контейнеры, исключающие их рассеяние, а мощность дозы гамма-излучения на поверхности тары не превышает 2,5 мкЗв/ч (250 мкР/ч).

С учетом максимальных концентраций природных радионуклидов в руде не исключается, что некоторая часть транспортных упаковок может быть отнесена к первой транспортной категории радиационной упаковки, для которой максимальное значение мощности дозы излучения на поверхности упаковки не должно превышать 5 мкЗв/ч, а на расстоянии 1 м от поверхности упаковки – 1 мкЗв/ч.

Что касается экологических рисков, то они, при соблюдении упомянутых правил государственного экологического контроля, могут быть сведены к минимуму. Министерство охраны природы РС (Я), начиная с 2014 г., ежегодно проводит на месторождении плановые мониторинговые исследования. По их результатам, значимого влияния на радиационную обстановку проведенными геологоразведочными буровыми работами в районе исследований не выявлено. Редкоземельные руды, содержащие в своем составе торий и уран, перекрыты 20–30-метровой толщей нерадиоактивных пород, которые экранируют гамма-излучение [1].

Современное геотехническое состояние месторождения

Во второй половине прошлого века проведена детальная разведка, результаты которой по-

зволили в 1999 г. утвердить запасы, а в 2005 г. закончить подготовку к промышленной отработке. Позднее месторождение было выставлено на конкурс, и в мае 2014 г. совместное предприятие госкорпорации «Ростех» и группы ИСТ – «Триаркмайнинг» выиграло аукцион на право пользования участком «Буранный» Томторского месторождения для последующих разведки и добычи руд ниобия, редкоземельных металлов, скандия и иных попутных компонентов. С февраля по май 2015 г. ООО «Восток Инжиниринг» в северной части лицензионной площади участка «Буранный» проведены геологоразведочные работы с бурением вертикальных скважин глубиной до 100 м. При этом, в отличие от предшествующих работ, когда проходка выполнялась с продувкой с рассеянием рудной пыли на значительные расстояния вокруг площадок скважин, бурение весной 2015 г. на участке выполнено по более «чистой» технологии с применением раствора на основе технической воды, исключающей выход на земную поверхность, в частности на снежный покров, радиоактивных шламов.

В целом, освоение Томторского месторождения редкоземельных металлов ведется с опережением графиков на 1–2 года. На данный момент на участке «Буранный» ведутся активные буровые работы. По их результатам будут уточнены геологическое строение участка, морфологические, качественные и количественные характеристики месторождения, необходимые для разработки технико-экономического обоснования постоянных разведочных кондиций, составления отчета с генеральным подсчетом запасов ниобия, иттрия, скандия и редкоземельных металлов.

Серьезное внимание уделяется и геоэкологическим условиям месторождения. Несколько последних лет Министерство охраны природы РС (Я) проводит его обследование в два этапа. Весной (апрель-май) территория изучается в период максимального снегонакопления, а летом основное внимание уделяется состоянию (***рис. 4***) и загрязнению поверхностных геосистем. Экологический мониторинг месторождения был начат в 2014 г. при участии общественности и научных учреждений республики, а по результатам исследований 2015 г. установлено, что все контролируемые показатели качества атмосферного воздуха находятся на уровне, значительно ниже установленных нормативов. Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения не превышала 0,2 мкЗв/ч при среднем для территории республики – 0,11 мкЗв/ч.

Вода местных водотоков района месторождения – Уджа, Борго-Токур, Онгучах, Поманисточка – в целом соответствует нормативам для водных объектов рыбохозяйственного назначения, хотя нормы по содержанию ряда металлов, в том числе марганца, железа, меди – несколько превышены. В воде ручья Поманисточка, протекающего по северной части участка, зафиксировано превышение нормативов по содержанию алюминия и свинца. В то же время содержания наиболее токсичных металлов (мышьяк, ртуть, сурьма, висмут, бериллий, уран, торий и др.) зафиксированы ниже пределов обнаружения [9]. В почвенном покрове и донных отложениях водных объектов центральной части участка Буранный были зафиксированы значимые концентрации лантаноидов (лантана, церия), актиноидов (урана, тория), свинца, кобальта, цинка, превышающие кларковые значения от 1,2 до 1,9 раз, что объясняется геохимической особенностью пород месторождения. В целом, по результатам химического анализа проб почвы и донных отложений высокого уровня накоплений химических элементов не выявлено. В рамках экологического обследования Томторского месторождения также произведен облет и отбор проб компонентов природной среды. В последнее время проводятся лабораторные исследования проб природных сред, в том числе обобщены показатели радиационного контроля. Часть проб направлена в аналитический центр Института микроэлектроники и особо чистых материалов РАН (Московская обл., г. Черноголовка) для определения редкоземельных элементов. Проведены измерения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения.

По инициативе жителей с. Жилинда «Восток Инжиниринг» будет проводить комплексный медицинский осмотр каждого жителя села. Первый медосмотр проведен в 2015 г., а затем мониторинг воздействия промышленной деятельности на здоровье местных жителей, в том числе детей, будет продолжен [1].

Перспективы проекта

Согласно лицензии, геологоразведочные работы проводятся на месторождении в течение 2015–2017 гг., а в 2018–2019 гг. предусмотрено проектирование и строительство объектов инфраструктуры, ввод в эксплуатацию горного предприятия. К этому времени должны быть получены уже первые партии руды с месторождения, уже это позволит отказаться от импорта РЗМ.

Освоение месторождения Томтор начнется с технологических изысканий, после чего в ближайшее время последует непосредственная разработка с параллельным использованием запасов монацитовых песков, созданных еще в 30-е гг. прошлого столетия. К сожалению, технология их использования была создана лишь недавно.

В плане перспектив потребностей различных отраслей российской промышленности [5], около 70% всех редкоземельных металлов потребляет электроника, примерно 25% – Росатом, 5% – металлурги в качестве добавок к легированным сталям. Спрос на РЗМ в России к 2020 г. достигнет, по разным оценкам, от 5 тыс. до 13 тыс. т в год.

Реализация программы освоения месторождения Томтор предусматривает проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, освоение новых участков, а также строительство перерабатывающих мощностей. Ожидается, что к 2017–2018 гг. Ростех удовлетворит потребности в редкоземельных металлах внутри страны и превратится в экспортера высокотехнологичной продукции.

Запасы Томтора, по мнению специалистов [5], покрывают потребности всех отраслей народного хозяйства России, и страна в 2019 г. сможет полностью отказаться от импорта редкоземельных металлов. Отличительной чертой являются и очень высокие содержания металлов, к тому же залегающих вблизи поверхности. В то же время при предстоящей отработке открытым способом воздействию подвергнутся все компоненты поверхностных геосистем, и степень их поражения будет очень высокой.

В настоящее время, в соответствии со стадией отработки, отмечается фрагментарная нарушенность рельефа, почвенно-растительного покрова, поверхностных водоемов, охватывающая около 20–40% площади. Степень воздействия на природные среды при отработке месторождения пока оценена как умеренная.

Принятый способ отработки месторождения Томтор не бесспорен. Опыт работы карьера при добыче такого незначительного объема руды в подобных условиях отсутствует, поскольку сезонная зимняя эксплуатация должна предполагать его полную или частичную консервацию на летний период. Проектируемая мощность карьера колеблется от 10 до 200 тыс. т сухой руды в год. Карьер имеет размеры 200 × 400 м и глубину 40 м, создаст в породах прибортовую зону, в той или иной мере затронутую горно-добычными работами. Это небольшие объемы по сравнению с ныне действующими в регионе алмазодобывающими предприятиями, годовые объемы которых в несколько раз превышают эти показатели. В любом случае это должен быть экологичный вариант, что особенно важно для легкоранимых северных экосистем. На первом этапе необходимо также опробовать принципиальную возможность предварительной подготовки руды на основе рентгено-радиометрической сортировки для существенного улучшения ее качества и снижения объемов транспортировки до самого северного причала Юрюнг-Хая в устье р. Анабар и далее водным транспортом до Красноярска.

Непосредственно на участке «Буранный» предполагается построить горнодобывающий комбинат производительностью 200 тыс. т руды в год. Компактный размер карьера и небольшой объем добычи руды не приведет к масштабному нарушению геосистем Оленекского района. Создающийся горно-металлургический холдинг с объемом производства до 10 тыс. т разделенных оксидов редкоземельных металлов в год. Вся площадь Томторского месторождения составляет около 12 км^2, рудного тела – 2 км^2. При этом изъятие руды будет производиться исключительно в зимнее время.

Вывод

Томтор – уникальное месторождение редких элементов на Севере Сибири, которое, по оценке специалистов, является безусловным мировым лидером по концентрациям и ресурсам редких элементов в рудах нового типа. Несмотря на неблагоприятное географическое положение месторождения, масштабы его экономической эффективности очевидны, а освоение позволит быстро воссоздать редкометалльное производство. Появится возможность исключить его зависимость от импорта редких элементов. В освоении месторождения заинтересованы руководители крупнейшего в СНГ Ульбинского завода редких металлов (Усть-Каменогорск, Казахстан). Его кооперация с Красноярским горно-химическим комбинатом позволит быстро создать систему добычи, транспортировки и обогащения руды для получения готовой высококачественной и высоколиквидной продукции. Получение новой достоверной информации об инженерно-геокриологических условиях месторождения позволит ускорить процесс освоения и уменьшить его негативные последствия.

Литература

1. В Якутии в 2020 году заработает новое горнодобывающее предприятие. Доступно на: http://news.ykt.ru/article/55383 (обращение 21.06.2017).
2. Геокриология СССР. Средняя Сибирь / Под ред. Э.Д. Ершова. М.: Недра. 1989. 414 с.
3. Мерзлотно-ландшафтная карта Якутской АССР масштаба 1:2 500 000 / Под ред. П.И. Мельникова. М.: ГУГК. 1991. 2 л.
4. Радиационная ситуация на участке «Буранный» Томторского месторождения – под пристальным вниманием якутских экологов. Доступно на: http://ysia.ru/glavnoe/radiatsionnaya-situatsiya-na-uchastke-burannyj-tomtorskogo-mestorozhdeniya-pod-pristalnym-vnimaniem-yakutskih-ekologov/ (обращение 21.06.2017).
5. Толстов А.В., Похиленко Н.П. Перспективы освоения Томторского месторождения комплексных ниобий-редкоземельных руд //ЭКО. 2012. № 11. С. 17–27.
6. Толстов А.В. Проблемы геолого-экономической оценки Томторского месторождения //Материалы международного симпозиума: Стратегия использования и развития минерально-сырьевой базы редких металлов в XXI в. М.: Геоинформмарк. 1998. С. 135–137.
7. Томторское месторождение (участок Буранный). Доступно на: http://nedradv.ru/mineral/places/mineral-objinfo.cfm?id_obj=f2f5e2370b07304ef3b5b8e4915fb84d)обращение 21.06.2017).
8. Томторское месторождение: мнения общественности и экспертов. Доступно на: http://sakhalife.ru/tomtorskoe-mestorozhdenie-mneniya-obshhestvennosti-i-ekspertov/ (обращение 21.06.2017).
9. Экологи проверяют Томторское месторождение. Доступно на: http://news.ykt.ru/article/46694 (обращение 21.06.2017).

UDC 551.345

M.N. Zheleznyak, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Director of Melnikov Permafrost Institute of Siberian Branch Russian Academy of Sciences[1].
I.E. Misailov, Research Scientist of Melnikov Permafrost Institute of Siberian Branch Russian Academy of Sciences[1].
M.M. Schatz, PhD, Leading Researcher of Melnikov Permafrost Institute of Siberian Branch Russian Academy of Sciences[1], mmshatz@mail.ru.

[1]36 Merzlotnaya street, Yakutsk, 677010, Republic of Sakha (Yakutia), Russia

Ecological-geocryological Conditions of the Tomtor Deposit (North-Western Yakutia)

Abstract. The ecologic–geocryological conditions of the Tomtor deposit are described, it is unique regarding the sources of rare elements in the North of Siberia, and the unconditional world leader in concentration and resources in ores of a new type. The deposit has an unfavorable geographical position, but the economic efficiency of its development is obvious. The history of its discovery and development is followed, new data on the results of geocryological studies of the Melnikov Permafrost Institute of SB RAS are given

Keywords: ecological and geocryological conditions of the deposit; concentration and resources of new types of ores; unfavorable geographical position

References

1. *V Iakutii v 2020 godu zarabotaet novoe gornodobyvaiushchee predpriiatie* [In Yakutia in 2020 will start a new mining enterprise]. Avialable at: http://news.ykt.ru/article/55383 (accessed 21 June 2017).
2. *Geokriologiia SSSR. Sredniaia Sibir'* [Geocryology of the USSR. Middle Siberia]. Moscow, Nedra Publ., 1989, 414 p.
3. *Merzlotno-landshaftnaia karta Iakutskoi ASSR masshtaba 1:2 500 000* [The permafrost-landscape map of the Yakut ASSR of 1: 2 500 000 scale]. Edited by P.I. Melnikov. Moscow, GUGK Publ., 1991, 2 p.
4. *Radiatsionnaia situatsiia na uchastke «Burannyi» Tomtorskogo mestorozhdeniia – pod pristal'nym vnimaniem iakutskikh ekologov* [The radiation situation in the Burannyi section of the Tomtor deposit is under the close attention of the Yakut ecologists]. Avialable at: http://ysia.ru/glavnoe/radiatsionnaya-situatsiya-na-uchastke-burannyj-tomtorskogo-mestorozhdeniya-pod-pristalnym-vnimaniem-yakutskih-ekologov/ (accessed 21 June 2017).
5. Tolstov A.V., Pokhilenko N.P. *Perspektivy osvoeniia Tomtorskogo mestorozhdeniia kompleksnykh niobii-redkozemel'nykh rud* [Prospects for development of the Tomtor deposit of complex niobium-rare-earth ores]. *EKO* [ECO], 2012, no. 11, p. 17–27.
6. Tolstov A.V. *Problemy geologo-ekonomicheskoi otsenki Tomtorskogo mestorozhdeniia* [Problems of geological and economic evaluation of the Tomtor deposit]. Mateials of the International Symposium: The Strategy for the Use and Development of the Mineral and Raw Materials Base of Rare Metals in the 21st Century. Moscow, Geoinformmark Publ., 1998, pp. 135–137.
7. *Tomtorskoe mestorozhdenie (uchastok Burannyi)* [Tomtor deposit (Burannyi site)]. Avialable at: http://nedradv.ru/mineral/places/mineral-objinfo.cfm?id_obj=f2f5e2370b07304ef3b5b8e4915fb84d (accessed 21 June 2017).
8. *Tomtorskoe mestorozhdenie: mneniia obshchestvennosti i ekspertov* [Tomtor deposit: public and expert opinions]. Avialable at: http://sakhalife.ru/tomtorskoe-mestorozhdenie-mneniya-obshhestvennosti-i-ekspertov/ (accessed 21 June 2017).
9. *Ekologi proveriaiut Tomtorskoe mestorozhdenie* [Ecologists check Tomtor deposit]. Avialable at: http://news.ykt.ru/article/46694 (accessed 21 June 2017).