

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Лопатко Сергей Владимирович¹, Макеев Александр Борисович²,

ПРОЕКТ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ГИДРОМИНЕРАЛЬНОГО
СЫРЬЯ МАЛОГЛУБИНЫХ АРТЕЗИАНСКИХ ПИТЬЕВЫХ И ПОПУТНЫХ НЕФТЯНЫХ
ВОД НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

¹технолог ЗАО «РУСТИТАН»

²профессор, доктор геолого-минералогических наук, внс Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, г.Москва

Lopatko Sergey Vladimirovich¹, Makeyev Alexander Borisovich²

INDUSTRIAL PROCESSING PROJECT OF HYDROMINERAL RAW MATERIALS OF
SHALLOWER ARTESIAN DRINKING WATERS AND ASSOCIATED PETROLEUM WATERS IN
KOMI REPUBLIC

¹technology of JSC "RUSTITAN"

²Professor, doctor of geology and mineralogy, lieder sciences researcher, Institute of geology ore deposit, petrology, mineralogy and geochemistry RAS, Moscow

АННОТАЦИЯ

Предложен проект создания рентабельного производства крайне востребованного стратегического минерального сырья лития, йода и брома, которые в настоящее время в основном поступают в Россию за счет импорта, из попутных нефтяных и питьевых артезианских вод Республики Коми. Предложена методика и техника концентрирования этих компонентов, а также схема пилотного цеха.

ABSTRACT

There is being proposed a project to create a cost-effective production of highly demanded strategic mineral raw materials of lithium, iodine and bromine, which are currently being imported to Russia, from associated petroleum and drinking artesian waters of the Komi Republic. There are as well described method and technique of concentration of these components, and the scheme of the pilot plant.

Ключевые слова: литий; йод; бром; стратегическое сырьё; артезианские питьевые воды; попутные нефтяные воды; Республика Коми.

Keywords: lithium; iodine; bromine; strategic raw materials; artesian drinking waters; associated petroleum waters; Komi Republic.

Анализ имеющейся первичной геологической и гидрогеохимической информации о подземных водах Республики Коми (РК) позволяет сделать вывод о приоритетности комплексной переработки гидроминеральных ресурсов на территории РК [1–4, 7–9] в условиях рыночной экономики, и связано это с рядом благоприятных факторов. А именно: наличием гидроминеральных

ресурсов и рассолов с промышленными содержаниями лития, брома и йода на большей части территории РК на различных глубинах и горизонтах; значительными объемами попутной добычи пластовых вод и рассолов на предприятиях газовой и нефтяной отрасли в РК и на территории соседнего Ненецкого АО в Архангельской области; высокой степенью изученности и достоверностью информации о содержании лития, брома и йода в подземных водах и рассолах большинства водоносных горизонтов вскрытых на территории республики многочисленными скважинами; нацеленностью геологической службы на их рациональное использование гидроминерального сырья с постановкой на Государственный баланс; значительный фонд скважин простаивающих или выведенных из эксплуатации недропользователями, которые могут быть использованы для добычи промышленных вод в интересах РК с внесением их в уставной капитал будущих предприятий (изъятие в собственность республики по схеме выморочного имущества, перфорация на водоносные горизонты с вводом в постоянную эксплуатацию, утверждения ресурсов гидроминерального сырья по литию, йоду и бром, строительство модуля электродиализа); высокой дефицитностью и востребованностью на внутреннем рынке России всех видов производимой будущим предприятием в РК продукции на основе лития, йода и брома; наличием рентабельной отработанной технологии извлечения из гидроминерального сырья и рассолов лития, йода и брома с возможностью реализации технологического процесса по двух-

стадиальной технологии (первая стадия – концентрирование вод и рассолов, вторая стадия – комплексная технология переработки концентрированного рассола на промышленном предприятии). Важна также возможность минимизации экологического ущерба от производственной деятельности всех объектов проекта путем рецикла отработанного рассола и получаемой технической соли обратно в нефтяные пласты.

Технологические предпосылки для реализации литиевого проекта. Ключевые исследования и технологические работы были выполнены в период с 1992–2009 гг. в Новосибирске коллективом российских ученых под руководством академика В.В.Болдырева и в рамках компании ЗАО «Экостар-Наутех» [11].

Интерес представляют следующие технические решения и разработки:

I. Разработка схемы двухстадиального электролиза пластовых нефтяных вод и рассолов на серийном отечественном оборудовании. Разработка доведена до промышленного внедрения на предприятие в Западной Сибири и получены весьма качественные промышленные рассолы с содержанием лития более 300 г/л. Затраты электроэнергии в реальных условиях не превысили 120 кВт-час на м³ рассола, коэффициент концентрации 8,2. В таблице 1 приведен пример эффективности очистки вод от минеральных солей с коэффициентом более 85%.

Таблица 1. Пример концентрирования солей и их содержание (кг/м³)

Компоненты	LiCl	NaCl+KCl	MgCl ₂	CaCl ₂	SrCl ₂	Br	I
Исходная вода	0,04	21,6	0,12	2,05	0,092	0,018	0,007
Рассол	0,328	177,82	0,98	16,81	1.14	0,14	0,05

Применение данной технологии имеет ключевое значение для экономики будущего проекта в Республики Коми по следующим причинам:

1. Позволит нивелировать качество исходного гидроминерального сырья различных месторождений и скважин по содержанию и соотношению лития, брома и йода и направлять на промышленную переработку только рассолы с высоким содержанием полезных компонентов.

2. Вовлечь в переработку не только пластовые воды и рассолы нефтяных месторождений, но и весьма значительные ресурсы минеральных вод, которые ранее даже не рассматривались в качестве сырья для извлечения лития или йода. Это увеличит ресурсную базу по литию и йоду в Республике Коми минимально в 70–1000 раз.

3. Резко сократить или оптимизировать транспортные издержки по доставке концентратов продуктивных рассолов с промыслов и скважин на предприятия по комплексной переработке рассолов.

4. Обеспечить накопление и хранение качественного гидроминерального сырья на всех этапах его добычи, транспортировки и переработки с использованием резервуаров из стеклопластика производства ПО «Авангард» Роскосмос.

5. Увеличить производственную мощность головного предприятия по литию, бром и йоду минимально в 5–80 раз при одинаковых затратах на его строительство.

5. Сформировать экстерриториальную конфигурацию всего Проекта, разместив производственные модули электролиза подземных вод, пластовых нефтяных вод на территории их до-

бычи, с транспортировкой полученного качественного рассола на головное предприятие с большой производственной мощностью.

7. Производственные модули электролиза характеризуются относительно низкой стоимостью, простотой ведения технологического процесса, короткими сроками строительства и пуска в постоянную эксплуатацию. Используется отечественное и импортное серийное оборудование, доступные и простые химические реагенты.

Все виды гидроминерального сырья ранжируются на три технологические группы:

1. Рассолы с промышленным уровнем лития, йода и брома не требующиеся концентрирования. Содержание минеральных солей в рассолах 150–400 кг на кубометр, содержание лития 150–400 г, йода более 35 г. Выделяется особый высокотехнологичный тип вод (А) с коэффициентом R менее 15, которые направляется на установку упаривания, минуя стадию сорбции лития.

2. Пластовые воды и низко концентрированные рассолы, требующиеся концентрирования электролизом с коэффициентом концентрирования 5–15.

Содержание минеральных солей в пластовых водах и рассолах низкой концентрации от 10–20 кг до 150–200 кг на кубометр, содержание лития 10–20 г, йода 5 грамм, бром не нормируется. Получаемые рассолы должны иметь содержание лития от 200 до 1200 г на кубометр, йода 35 г и более, бром не нормируется. Выделяется особая высокотехнологичная подгруппа пластовых вод (Б) и низко концентрированных рассолов, при электролизе которых получают рассолы с

коэффициентом R менее 15, которые направляются на установку упаривания, минуя стадию сорбции лития.

3. Подземные воды, требующиеся концентрирования электролизом с коэффициентом концентрирования 15–200. Содержание минеральных солей в водах до 10–20 кг/м³, содержание лития 5–10 г и более, йода 3–5 г, бром не нормируется. Получаемые рассолы должны иметь содержание лития от 200 до 600 г/м³, йода 10–35 г и более, бром не нормируется. Выделяется особая высокотехнологичная подгруппа подземных вод (В), при электролизе которых получают рассолы с коэффициентом R менее 15, которые направляются на установку упаривания, минуя стадию сорбции лития.

II. Технология сорбции лития методом ионтеркаляции на сорбент СГАЛ – LiCl из рассолов природных и рассолов полученных на установках электролиза.

При использовании данной технологии возможна селективная сорбция хлорида лития из рассолов различного химического состава с коэффициентом извлечения 94–95% с получением десорбата с коэффициентом R менее 15. Отработанный рассол направляется в цех извлечения йода и брома. Средний химический состав полученного десорбата (г/л):

LiCl – 5.4; NaCl – 6.74; CaCl₂ – 0.64; MgCl₂ – 0.04. $R = 0.14$.

Полученный десорбат поступает на стадию упаривания с получением попутно из каждого кубометра десорбата путем высадки от 350 до 400 кг поваренной соли. Техническая поваренная соль выводится из процесса и идет на укрепление тяжелых буровых растворов до плотности 1,22–1,28 кг/л. Упаренный раствор поступает на стадию очистки от вредных примесей кальция и магния с помощью 50% оборотного раствора карбоната лития с одновременным повышением в технологическом растворе содержания лития (табл. 2).

Таблица. 2. Примерный состав упаренного рассола и результат очистки (г/л)

Компоненты	LiCl	CaCl ₂	MgCl ₂	NaCl	SO ₄
Упаренный р-р	321,2	34,7	2,40	2,8	0,54
Очищенный р-р	347	0,42	0,27	2,8	0,14

Очищенный литиевый раствор направляют на производство основной литиевой продукции (хлорид лития, гидроксид лития, бромид лития). Для получения оборотного и товарного карбоната лития часть очищенного раствора разбавляют дистиллированной водой до содержания хлорида лития 100 г/л. Необходимо отметить, что со стадии получения десорбата весь литий извлекается в товарные продукты. Полученная попутно соляная кислота направляется в технологический цикл для подкисления исходных рассолов.

Технология получения йода и брома из рассолов после селективной сорбции лития на сорбенте СГАЛ-LiCl. Данная технология была разработана специалистами НПО «Йодобром», Крым и является достаточно опробованной в промышленности. Нюансы связаны с качеством и техническими характеристиками используемого оборудования. Необходимо отметить высокое природное содержание йода в ряде регионов Республики Коми и возможность получения его в значительных объемах. Минимально бортовое содержание йода в рассолах от 10 до 300 г/м³, брома от 200 до 800 г/м³ и более. Используют двухстадийную схему воздушной десорбции с получением на первой стадии **I**, на второй **Br**.

Окисление йода ведут раствором гипохлорита натрия, который получают на месте электролизом раствора технической соли. (Техническая соль со стадии упаривания десорбата лития).

Окисленный йод десорбируют воздухом и улавливают концентрированным раствором NaOH. Далее раствор йодида натрия обрабатывают соляной кислотой и отделяют йод-пасту на фильтр-прессе.

Рассол после десорбции йода повторно обрабатывают гипохлоритом натрия для перевода брома в элементарную форму и отдувают воздухом. Элементарный бром полностью улавливают раствором концентрированной щелочи и далее с помощью соляной кислоты переводят в технический концентрат. После очистки от хлоридов химическим способом получают товарный бром и продукцию на его основе.

Все отработанные рассолы, сорбенты и полупродукты с цеха воздушной десорбции йода и брома обеззараживают аммиачной водой и используют для изготовления буровых растворов с плотностью 1,2 кг/м³. Коэффициент извлечения йода и брома по данной технологии не превышает 70–80%, но она характеризуется относительно низкой себестоимостью. Связано это с высокой единичной мощностью используемого оборудования, дешевизной химических реагентов и простотой технологических режимов.

Текущее состояние мирового и российского рынка и мировые цены на продукцию. Литий. Согласно информации геологической службы США производство лития (по металлу) в

Мире осуществляли следующие одиннадцать стран (табл. 3).

Россия до 1998 г. была крупным мировым продуцентом первичного лития из минеральных концентратов (сподумена и литиевых слюд) и выпала из мирового рынка по причине высокой себестоимости производства и технологической отсталости. На рынке минерального литиевого сырья еще остался ряд стран (Зимбабве, Бразилия, Португалия, Канада и Австралия) которые или

располагают уникальными месторождениями пегматитового типа или получают поддержку государства. Все пять крупнейших продуцентов лития перерабатывают рапу эвапоритовых озер или подземных рассолов с исходным содержанием лития в них порядка 200 г/м³ и используют для концентрирования лития традиционную галлургическую схему. Первичного лития в мире не хватает и ожидается рост его производства к 2025 г. до 100 тыс. т/год.

Таблица 3. Объем производства лития (т) в Мире за четыре экспертных года

№ п/п	Страна	1998	2005	2012	2013
1.	Чили	4 700	10 600	13 200	13 500
2.	Австралия	2 100	6 260	12 800	13 000
3.	Китай	3 000	3 290	4 500	4 000
4.	Аргентина	1 130	3 170	2 700	3 000
5.	Зимбабве	1 000	500	1 060	1 100
6.	США	–	–	–	1100–1200
7.	Португалия	160	700	560	570
8.	Бразилия	32	160	150	150
9.	Канада	700	690	н/д	н/д
10.	Россия	2 000	–	23*	41*
11.	Намибия	28	–	10	14
	Всего	14 850	25 370	35 000	36 525

Примечание: * Экспертная оценка, в основном из вторичного сырья в г. Новосибирске.

Перед Россией стоит задача вернуться в число пяти крупнейших продуцентов первичного лития с объемом годового производства минимально 4 000 т/год. Уровень годового производства лития в 300–400 т/год достаточен, для позиционирования будущего предприятия в Республике Коми в качестве крупнейшего в России, СНГ и Европе. Для покрытия потребностей внутреннего рынка России объем производства должен составлять минимально 800–1 500 т/год. В 2013 г. Россия официально импортировала из Чили 782 т лития по металлу в форме первичного карбоната лития на сумму 44 млн. \$ США и отвального лития-7 из США в объеме не менее 120 т по металлу на сумму до 10 млн. \$ США. Цены мирового рынка текущие находятся в диапазоне 50–70 \$ США за 1 кг лития металла в форме карбоната и имеют устойчивую тенденцию к росту. Российский рынок первичного лития высоколиквиден и имеет достаточно высокий потенциал роста до 3–

5 тыс. т/год по металлу. Российский рынок лития характеризуется и отсутствием конкурентов. Россия располагает также хорошей высоко технологичной и высоко рентабельной промышленной базой по производству литиевой продукции и изделий с высокой добавленной стоимостью.

При реализации в Республике Коми титанового проекта [5, 6, 10] с получением пористого рутила потребление лития может возрасти минимально на 300–1000 т/год, с получением синергии при организации собственного производства литий титановых батарей нового поколения. *Это уже сейчас позволяет выделить предлагаемое направление развития экономики Республики Коми в приоритетное.*

Йод. Согласно информации геологической службы США производство йода в Мире осуществляли порядка 9 стран, его объемы приведены за три-четыре года в таблице 4.

Таблица 4. Объем производства йода в мире за четыре экспертных года (т)

№ п/п	Страна	1998	2005	2012	2013
1.	Чили	12 618	16 000	17 500	18 000
2.	Япония	6 000	9 300	9 300	9 400
3.	США	1 430	1 570	н/д	н/д
4.	Китай	560	580	н/д	н/д
5.	Туркменистан	250	300	480	480
6.	Азербайджан	300	300	350	350
7.	Россия	300	300	170	120
8.	Индонезия	70	75	75	75
9.	Узбекистан	2	2	2	2
	Всего Мир	21 530	28 427	27 877	28 427

Анализ данной таблицы показывает, что любой новый российский производитель йода с объемом годового производства в 300 т является крупнейшим российским продуцентом йода на территории России, 500 т на территории СНГ, а уровень производства в 2000 т и более выводит его на третье-пятое место в Мире. Явно ненормально положение, когда одна страна Чили контролирует 60% мирового производства, а вторая страна Япония еще 30%. Потребление йода в России уже в 2012 г. превысило 4 500 тонн и достигло 120 млн. \$ США. Основной потребитель йода в России весьма платежеспособен и готов полностью финансировать строительство йодо-бромных заводов в Республики Коми на любую мощность и полностью забирать все ресурсы производимого йода и брома на собственные нужды. Основной объем импорта приходится на Чили и

Туркменистан. Азербайджан ориентируется на рынок США и Европы, и фактически вышел с российского рынка. Российский рынок йода крайне ликвиден при полном отсутствии конкурентов, экономически привлекателен, на него приходится более 20% мирового потребления. Текущая мировая цена на йод составляет 23–24 \$ США за 1 кг и периодически повышается до 28–35 \$ США. Йод кристаллический самый дорогой и востребованный в Мире и России галоген.

Бром. Согласно информации Геологической службы США производство брома в Мире осуществляли следующие страны и в таблице 5 приведены объемы (т) за несколько лет. Крупнейшими потенциальными ресурсами брома в эвапоритовых озерах располагают Россия, Китай и Казахстан, в подземных рассолах Россия.

Таблица 5. Объем производства брома в Мире за четыре экспертных года (т)

№ п/п	Страна	1995	2000	2012	2013
1.	Йордания	–	–	200 000	250 000
2.	Израиль	135 000	185 000	174 000	180 000
3.	США	211 000	229 000	н/д	н/д
4.	Китай	19 000	45 000	100 000	100 000
5.	Япония	15 000	20 000	20 000	20 000
6.	Англия	28 000	30 000	н/д	н/д
7.	Украина (Крым)	4 000	3 000	4 100	4 100
8.	Туркменистан	8 000	2 000	150	480
9.	Азербайджан	3 000	2 000	3 500	3 500
10.	Франция	2 500	2 000	н/д	1 600
11.	Германия	н/д	н/д	1 500	1 600
12.	Индия	1 400	1 500	1 500	1 500
13.	Италия	300	300	н/д	н/д
14.	Испания	200	100	н/д	н/д
15.	Россия	(2 100)	(1 300)	(900)	(700)
	Всего Весь Мир	429 500	521 200	505 650*	563 480*

Примечание: Реальное производство брома в Мире в 2012 году по экспертной оценке составляло 730–740 тыс. т, а в 2013 г. достигло 800 тыс. т/год. Пять стран Йордания, Израиль, США, Китай и Япония произвели 90% первичного брома, при этом в четырех странах годовое производство превышало 100 тыс. т.

Для получения статуса крупного национального производителя необходимо производить 5 тыс. т брома в год, на территории СНГ 15 тыс. т, войти в пятерку мировых продуцентов 100 тыс. т брома. Российский рынок оценивается в 45 тыс. т брома, (70 млн. \$ США) и даже с вхождением Крыма в состав России полностью зависит от импорта из Израиля и Иордании. Рынок России свободен при отсутствии внутренних конкурентов. Цены мировые на бром в последние годы достаточно стабильны и находятся на уровне 800–950 \$ США за тонну, в России они удерживают планку 1 400 \$ США за тонну и выше.

Предварительная оценка качества и технологичности гидроминерального сырья Республики Коми. Имеющаяся первичная информация [4, 8, 9] абсолютно недостаточна для подготовки стадии расчета обоснования по строительству промышленного производства, а позволяет только обосновать создание пилотного цеха мощностью по литию 100 т/год. Предварительный анализ показал, что не полное владение специалистами технологического подхода к оценке минерально-сырьевого потенциала гидроминерального сырья в РК, исключило из подробного изучения крупнейшие ресурсы высокотехнологичных вод и рассолов, требующих постановки на Государственный Баланс с целью промышленной обработки. Особенно это касается водных горизонтов в диапазоне глубин 100–1500 м. Эффективно было бы изучать бассейны и запасы подземных вод и рассолов, а не осуществлять точечные анализы с пробирками воды от редких скважин, пробуренных на нефть и газ. Значительный объем научной информации по химическому составу вод и рассолов избыточен, не нужна и столь высокая точность химических анализов на множество компонентов.

Необходимо дополнительно собрать важную для оценки ресурсов, потенциала и технологии информацию по следующим параметрам скважин и водоносным горизонтам:

1. Дебет скважин в м³/сут.
2. Основные параметры на каждый водоносный горизонт (температура воды, рН, суточный дебет на скважину, эксплуатационные ресурсы подземных вод и рассолов с привязкой к горизонтам, а также сведения о коллекторских свойствах пород).
3. Химический состав вод и рассолов должен содержать следующие данные: а) общая минерализация кг/м³; б) содержание минеральных солей; в) содержание главных для производства элементов Li, I и Br, г) сумма Na+K, Mg, Ca, Sr; д) содержание ионов хлорида, сульфата, карбоната и бикарбоната.

4. Технологические параметры вод и рассолов:

- это технологический коэффициент R (соотношение суммы хлоридов кальция и натрия к хлориду лития);
- коэффициент концентрирования для стадии электродиализа до содержания минеральных солей минимально 200 кг/м³;
- расчетное содержание лития и йода в концентрате электродиализа.

Для начала работы предприятия предлагается следующая структура пилотного цеха:

1. Два отдельных мобильных модуля электродиализа производительностью каждый 350–600 м³ пластовых вод и подземных вод в сутки.
2. Резервуарные накопители рассолов с содержанием лития более 100 г/м³ и йода более 35 г/м³ (для семи экспериментальных скважинах – возможно более).
3. Опытная установка по интеркаляции лития из природных и концентрированных рассолов суточной производительностью по литию 300 кг, упариванием десорбата и с линией переработки в товарный хлорид лития и оборотный карбонат лития.
4. Цех воздушной десорбции отработанных рассолов с годовым объемом производства йода в виде йод-пасты мощностью 50 т/год, брома от 80 до 250 т/год.
5. Установка для получения товарного бурового рассола плотностью 1.2 кг/л для обратной закачки отработанных вод в глубокие пласты.

Выводы и предложения. В настоящее время Россия удовлетворяет потребности национальной экономики (в планируемой к добыче продукции) получаемой по импорту:

- по литию полностью – порядка 910 т в год по металлу (Чили 82% карбонат лития, США 18% – отвалный литий-7).
- по йоду на 98%, порядка 4 500–5 000 т в год (Чили – более 90%, Туркмения и Азербайджан около 500 т).
- по бромю на 90% (с учетом присоединения к России Крыма который имеет объем производства 4 100 т/год) – порядка 40 000 т/год (Израиль и Иордания – 100%).

Все планируемые к производству в рамках данного Проекта стратегические элементы **Li, I, Br** на начальной стадии могут поступать на внутренний рынок для замещения импорта. Рынок России высоколиквиден, платежеспособен и имеет существенный потенциал роста по каждой товарной позиции. Задачи и потенциальные объемы производства в рамках проекта весьма различаются по каждой товарной позиции:

1. По литию – возврат в число крупнейших мировых продуцентов первичного лития с минимальным объемом производства 4 000 т/год. Конечные объемы производства лития в РК определяются только ресурсной базой гидроминерального сырья, а не экономикой производства;

2. По йоду – создание впервые на территории России крупного производства первичного йода с объемами годового производства от 1 до 15 тыс. т/год. Конечные объемы производства йода первичного в Республике Коми определяются только ресурсной базой гидроминерального сырья и в малой степени экономикой производства;

3. Бром в России является типичным попутным элементом, объемы производство которого, не определяют значимость и экономику Проекта. Конечные объемы производства брома в Республике Коми определяются только объемами переработки гидроминерального сырья, при уровне производства до 40 тыс. т/год он весь может поступать на внутренний рынок. Крупные мирового значения производства брома в России необходимо создавать на минеральной базе крупнейших соляных озер Южного Поволжья, в первую очередь озера Эльтон, которые позволяют производить до 300 тыс. т товарного брома в год и более.

Список литературы

1. Бондаренко С.С. Лубенский Л.А., Куликов Г.В. Геолого-экономическая оценка месторождений подземных промышленных вод. М.: Недра, 1988. – 203 с.

2. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации на 1.01.2009 г. Вып. 93. Бром. М., 2009.

3. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации на 1.01.2009 г. Вып. 94. Йод. М., 2009.

4. Дедеев В.А. Зытнер Ю.И., Оберман Н.Г. и др. Подземные воды Европейского северо-востока СССР. Сыктывкар: Коми научный центр УрО АН СССР, 1989. – 160 с.

5. Лопатко С.В., Макеев А.Б. Нефтяные воды – источник стратегических видов сырья лития, йода и брома // Месторождения стратегических металлов: закономерности размещения, источники вещества, условия и механизмы образования. Всероссийская конференция, посвященная 85-летию ИГЕМ РАН. Москва, Материалы докладов. М.: ИГЕМ РАН, 2015. – С. 287–288.

6. Макеев А.Б., Дудар В.А., Самарова Г.С., Быховский Л.З., Тигунов Л.П. Пижемское титановое месторождение (Республика Коми) аспекты геологического строения и освоения // Рудник будущего. – 2012. – № 1(9). – С. 16–24.

7. Методы изучения и оценка ресурсов глубоких подземных вод / Под ред. С.С.Бондаренко, Г.С.Вартаняна. М.: Недра, 1986. – 479 с.

8. Митюшова Т.П. Применение факторного анализа при изучении подземных промышленных йодобромных вод Тимано-Североуральского региона // Вода: Химия и экология. – 2013. – № 9. – С. 78–86.

9. Попов В.Н. Гидрогеохимические закономерности распространения и перспективы использования промышленных вод Тимано-Печорской провинции. Автореф. дис... канд. геол.-минералог. наук. Л., 1979. – 20 с.

10. Ткачук А.Н., Новиков А.А., Трофимов Е.Н., Дудар В.А., Макеев А.Б. Проект строительства вертикально-интегрированного горно-металлургического комплекса в Республике Коми на базе Пижемского месторождения титана // Горный журнал. – 2013. – № 9. – С. 67–70.

11. <http://www.b2b-project.ru/profile/307536>

Лопатко Сергей Владимирович¹, Макеев Александр Борисович²,

ПЕРСПЕКТИВЫ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ТИТАНОВОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ

¹Технолог ЗАО «Руститан»

²Профессор, доктор геолого-минералогических наук, ВИС института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии И Геохимии РАН, Москва

АННОТАЦИЯ

В статье представлен обзор российских титановых месторождений разного генезиса: коренных титаномагнетитовых, россыпных ильменит-рутиловых, мировой ресурсной базы титана и объем товарного производства. Предложен выход из неприятной зависимости от импорта титанового сырья путем вовлечения в отработку современного аллювия крупных рек.

ABSTRACT

The article provides an overview of Russian titanium deposits of various origins, such as primary titanomagnetite and ilmenite-rutile placer, a review of titanium global resource base and the volume of commodity production. There is being offered the solution to unpleasant dependence on imports of titanium raw materials by including the extraction from quaternary alluvium of big rivers.