

**Вторая научно-практическая конференция «МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА
МЕТАЛЛОВ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ. ОСВОЕНИЕ, ВОСПРОИЗВОДСТВО,
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ»**

**«РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ПРИМЕНЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИИ РЕНТГЕНРАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ ДЛЯ
ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОБОГАЩЕНИЯ ЛЕПИДОЛИТОВЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ
МУНГУТИЙН ЦАГААН ДУРВУЛЖИН (МЦД) В МОНГОЛИИ»**



**Федоров Ю.О. , Соловьев А.С.
АО «Иргиредмет», г. Иркутск, «CALK SPAR» LLC, г. Уланбатор**

Москва, ВИМС - 2021

Литий - металл будущего

В последнее время, в мире, все больше говорят о переходе на зеленую энергетику и даже планируют этот переход в самое ближайшее время. По прогнозам, потребность в литии в ближайшие годы будет на уровне **1 миллиона тонн в год** и будет постоянно расти из года в год

В ближайшем будущем литий станет современной «нефтью» с большими перспективами

В настоящем докладе мы хотели бы представить на публичное обсуждение результаты опытно-промышленных испытаний применения технологии РРС (рентгенорадиометрической сепарации) для предварительного обогащения лепидолитовых руд месторождения МЦД, Монголия, проведенных, совместно, АО «Иргиредмет», РФ, г. Иркутск и инжиниринговой компании «CALK SPAR» LLC, Монголия, г. Уланбатор

Минерально-сырьевая база лития в РФ

Основные запасы лития в мире сосредоточены в литий содержащей рапе - 76% и только 24% запасов сосредоточены в редкометалльных гранитах

В настоящее время себестоимость обогащения литийсодержащих руд и получения из нее гидроокиси лития практически равна себестоимости получения гидроокиси лития из рапы

В РФ запасы рудного лития распределены следующим образом:

- редкометалльные гранитные пегматиты - 75%;
- редкометалльные граниты - 23%;
- Слюдисто-флюоритовые метасоматиты - 2%

В 2000-е годы в РФ провели переоценку МСБ лития. Переоценка проводилась по шести балансовым месторождениям, которые находились в двух регионах РФ:

- **В Мурманской области** расположены Колмозерское, Посмостундровское и Вороньетундровское месторождения лития.
- **В Восточно-Сибирском** регионе расположены Гольцовое, Урикское и Белореченское месторождения лития

Литий в Монголии

Советские геологи стояли также у истоков образования запасов редкометалльного сырья в Монголии, в частности запасов лития

В настоящем докладе мы подробно остановимся на работах, которые были проведены на месторождении Мунгутийн Цагаан Дурвулжин

Утвержденные запасы литийсодержащей руды на месторождении «Мунгутийн Цагаан Дурвулжин» оцениваются в 2 миллиона 260 тысяч тонн

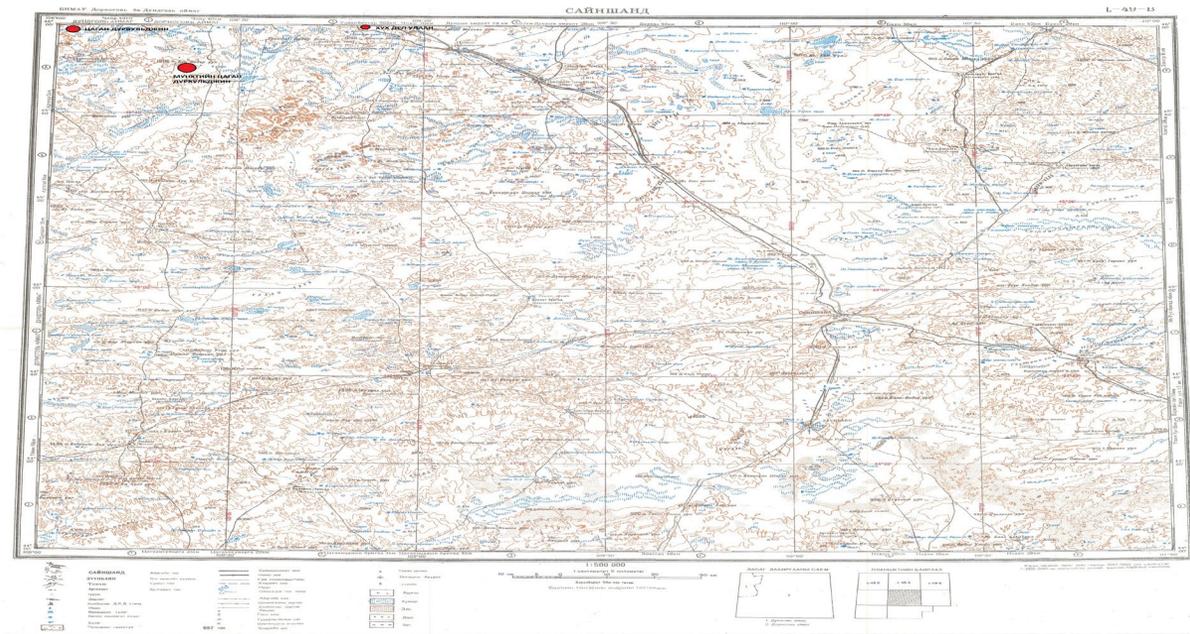


Месторождение Мунгутийн Цагаан Дурвулжин

Месторождение МЦД было открыто в 1980-х годах, во время проведения геологической съемки в масштабе 1:50000

В период с 2008 по 2012 годов, для изучения петрологических и геохимических особенностей жильных, лепидолитовых гранитоидов участка МЦД, обнаруженного в Центральной Монголии, в пределах ареала проявления внутриплитного редкометалльного магматизма мезозойского возраста на лицензионной площади компания ООО «Литиум майнинг» привлекался Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН

В результате этих работ было установлено, что грейзенизированные гранитоиды МЦД не только сами являются богатыми, редкометалльными, рудами Li, Rb, Cs, F, но с большой долей вероятности **служат признаком присутствия на глубине не вскрытого массива редкометалльных гранитов, литий-фтористого геохимического типа**



АО «Иргиредмет» - автор технологии РРС

Разработка технологий предварительного обогащения редкометалльных руд на основе РРС является одним из важных направлений работ АО «Иргиредмет». Для этих целей в институте создан технологический центр РРС (ТЦ РРС), в котором проведение испытаний РРС стали обязательной процедурой для всех технологических проб, поступающих в институт. ТЦ РРС оснащен современным лабораторным и промышленным оборудованием.

Настоящая НИР по разработке технологии РРС и предварительного обогащения литиевых руд Монгольского месторождения являлась относительно новой, но в институте накоплен большой положительный опыт по поиску и использованию косвенных разделительных признаков для эффективной сортировки ценных компонентов по сопутствующим элементам и генетическим спутникам, в том числе и для редкометалльных руд. Это вызвано тем, что метод РРС (и РФМ) основан на возбуждении и регистрации характеристического рентгеновского излучения (ХРИ) анализируемых элементов. Для лития энергия ХРИ настолько мала (меньше 1 кэВ) что не может регистрироваться никакими детекторами рентгеновского излучения, применяемых в РРС. Диапазон энергий ХРИ элементов в РРС начинается с 2-х (3-х) кэВ, чаще всего с элементов выше К и Са.

В этом отношении решение данной задачи производилось впервые в мировой практике и достижение положительного результата несомненно имеет важное значение для теории и практики РРС.

Целью и задачами ОПИ были оценка возможности и эффективности предварительного обогащения литийсодержащих руд месторождения МЦД, определение технологических показателей РРС и исходных данных для разработки технологического регламента предварительного обогащения руд месторождения на основе технологии РРС.

Работа рентгенорадиометрических сепараторов СРФ (СЕПАРАТОР СРФ4-150М)



АО «Иргиредмет» - сепаратор серии «Ангара»

Система геометрии измерения

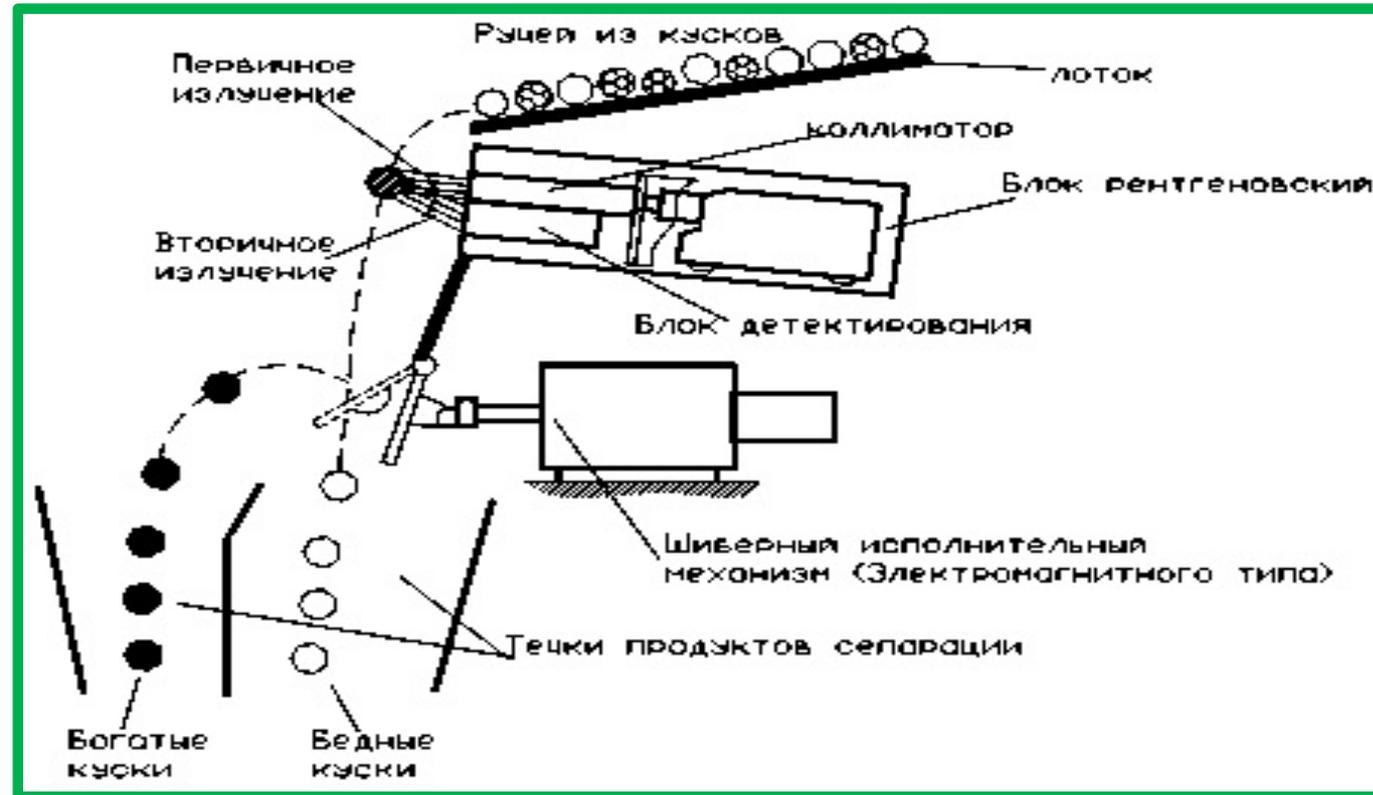


Схема сортировки продуктов РРС (концентрат, промпродукт, хвосты)

Применение технологии XRAy для предварительного обогащения литийсодержащих руд месторождения МЦД

Сепаратор СРФ1-3П-150 (ППД)



Промышленный комплекс РРС компании «CALC SPAR» LLC



Разработку технологии предварительного обогащения исходной литийсодержащей руды и методики обогащения принял на себя АО «Иргиредмет», г. Иркутск

Проведение ОПИ, на своем технологическом оборудовании в Монголии, выполнила монгольская инжиниринговая компания «CALC SPAR» LLC

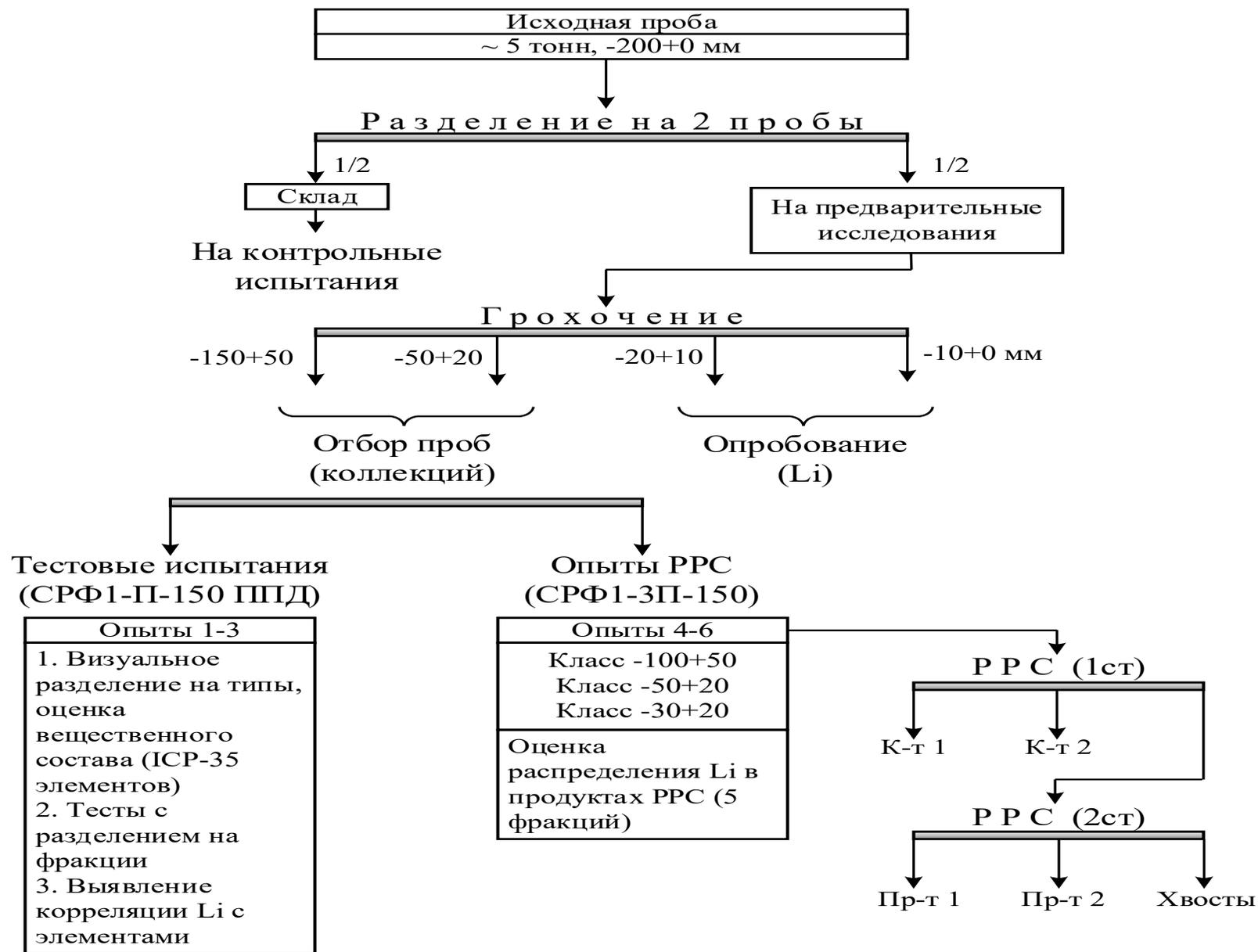


Рисунок 2.1. Технологическая схема рудоподготовки и предварительных исследований.

Методика настоящей НИР

В результате проведенных предварительных исследований выбран разделительный признак определения Li по сопутствующему элементу Rb, входящему в состав жильных и массивных руд (основной рудный минерал – лепидолит). Аналитический параметр по Rb (P_{Rb}) отличается высокой корреляцией с Li (значение коэффициента корреляции R более 0,9)

Порода в РРС уверенно распознается через породные элементы Ca, Fe, Sr

В качестве аналитического параметра разделительного признака для данной руды выбрано спектральное отношение $P(Li)$, равное:

$$P(Li) = \int (Li) = \frac{N_{Rb}}{N_s + 2N_{Sr}}$$

где: N_{Rb} и N_{Sr} - интенсивности ХРИ элементов Rb (13,7 кэВ) и Sr (14,2 кэВ), регистрируемые от куска измерительной системой сепаратора;

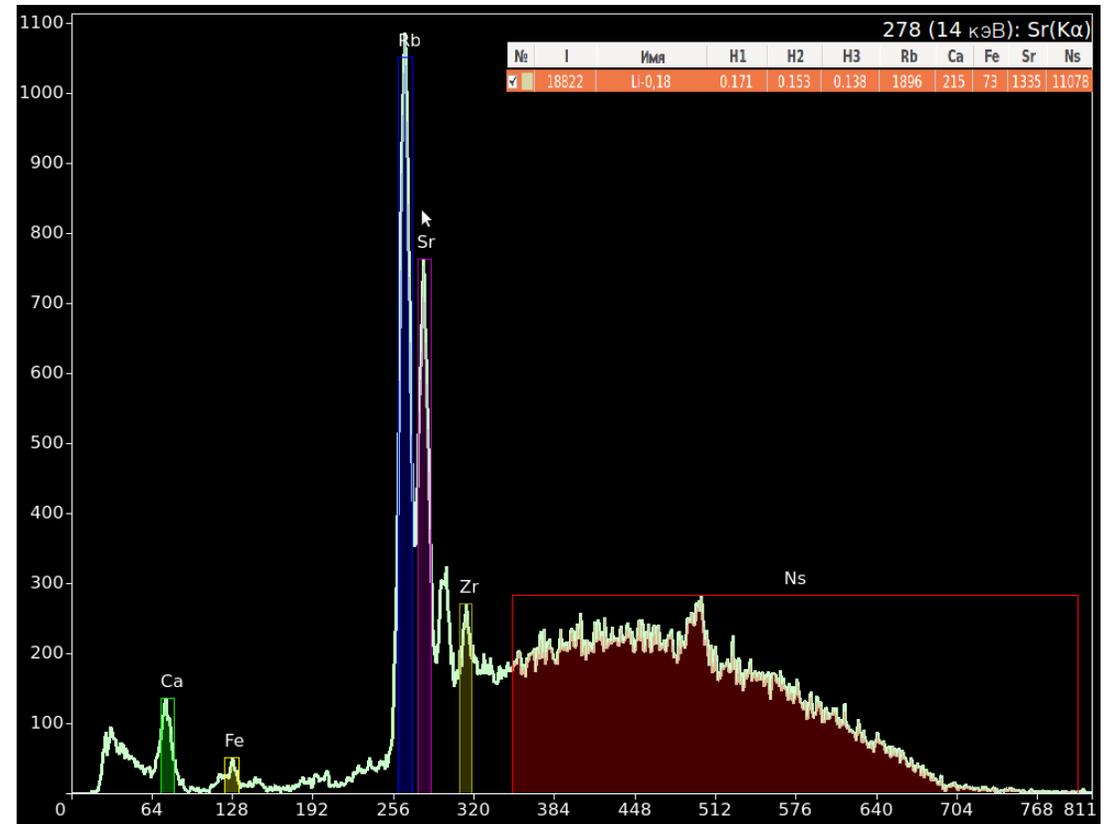
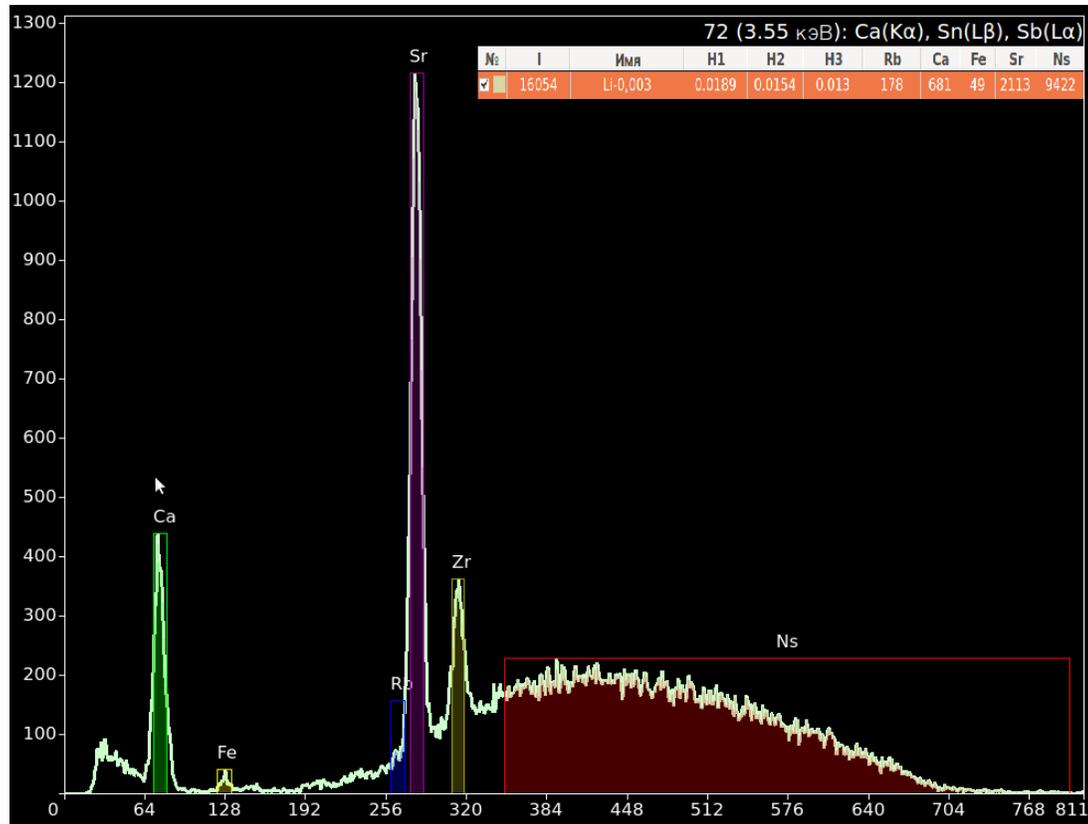
N_s - интенсивность рассеянного рентгеновского излучения, регистрируемая от кусков в области энергий квантов более 15 кэВ

Характерные рентгеновские спектры измеренные на сепараторе СРФ1-3П-150(ППД)

Выявлено различие руды от породы по элементу Rb. В породе начинают проявляться Ca, Fe и особенно Sr

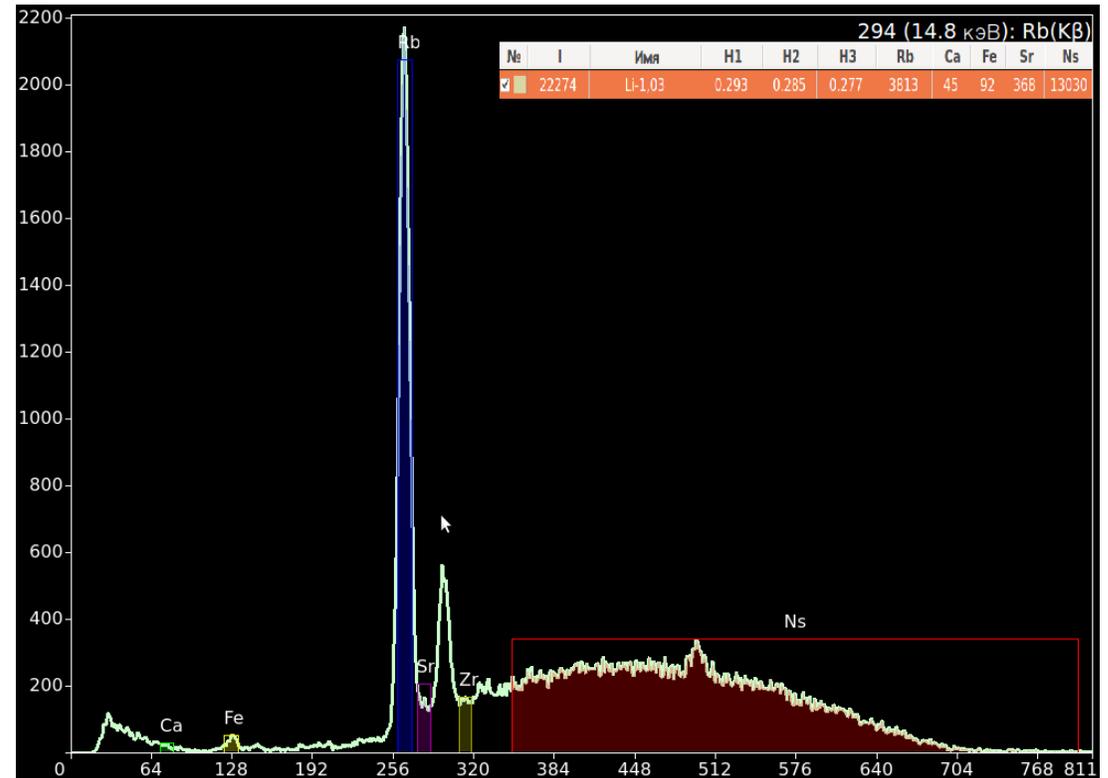
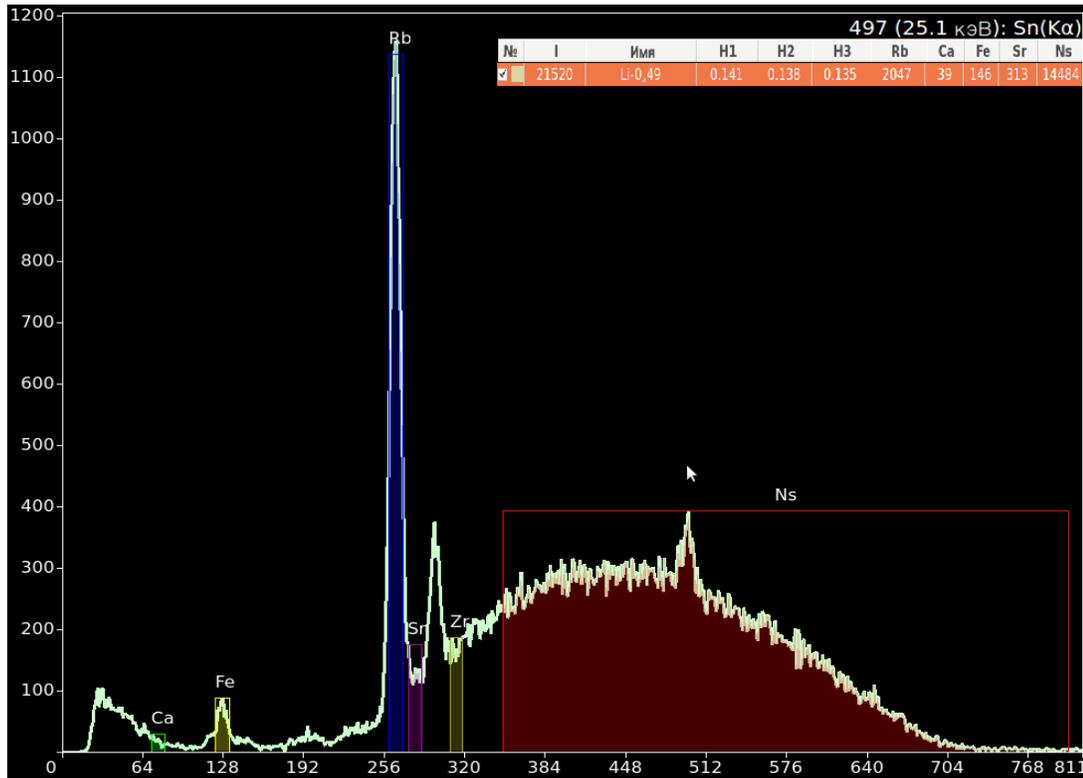
Спектр фракции с низким содержанием Li (0,003 %) и с характерными фотопиками Ca и Sr (Rb отсутствует)

Спектр фракции с низким содержанием Li (0,18 %) и выраженным фотопиком Rb (Sr остается, Ca уменьшается)



Спектр фракции со средним содержанием Li (0,31 %). Увеличивается интенсивность Rb (Sr упал до минимума)

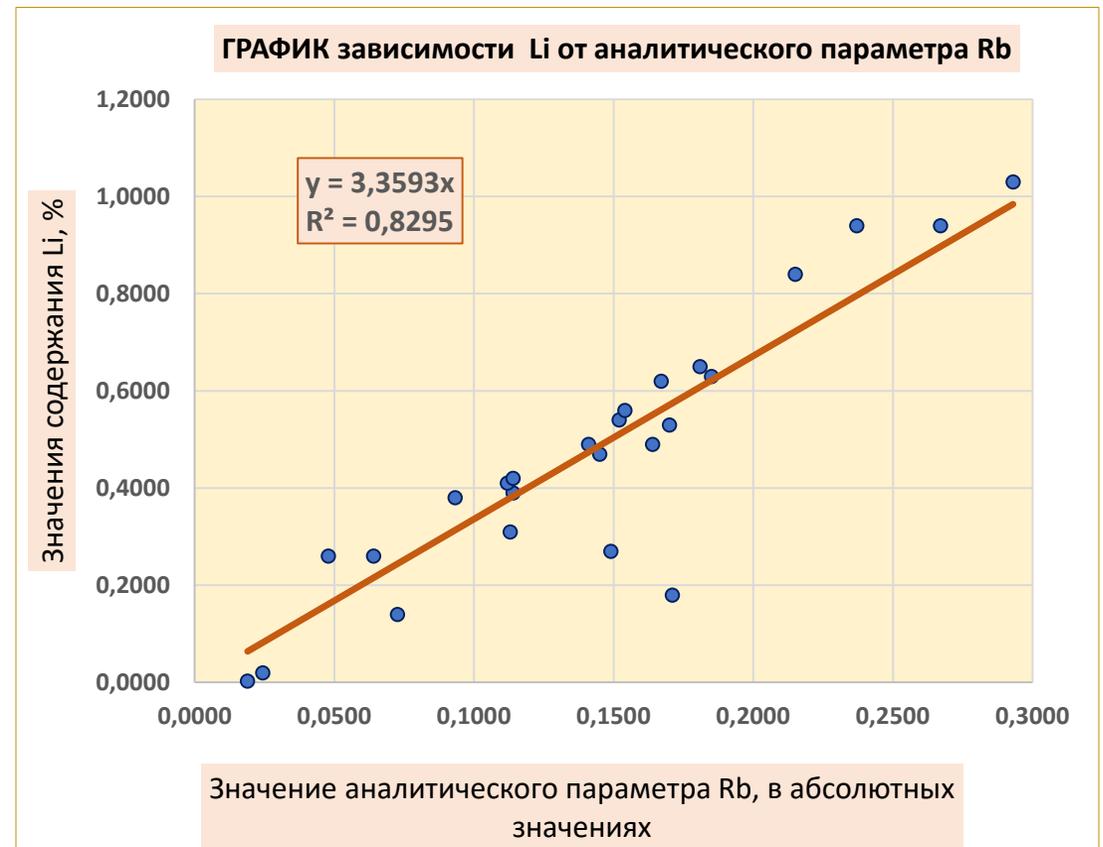
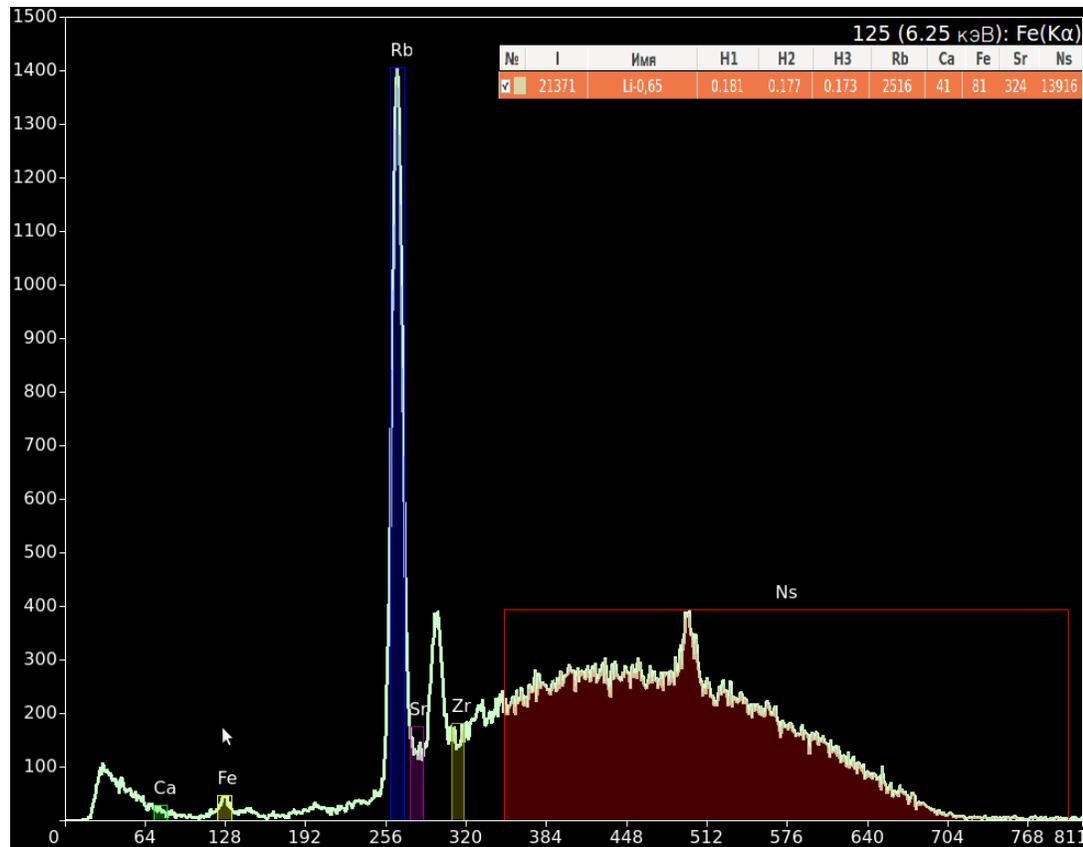
Спектр фракции со средним содержанием Li (0,49 %). Большой фотопик Rb характеризует руду (Sr и Ca отсутствуют)



Спектр фракции с высоким содержанием Li (1,03 %), в спектре преобладает Rb

На графике зависимости содержания Li от аналитического параметра Rb показана корреляция между содержанием Li и выбранным аналитическим параметром P(Li)

Высокое значение коэффициента корреляции $R = 0.90$ доказывает эффективность разделительного признака



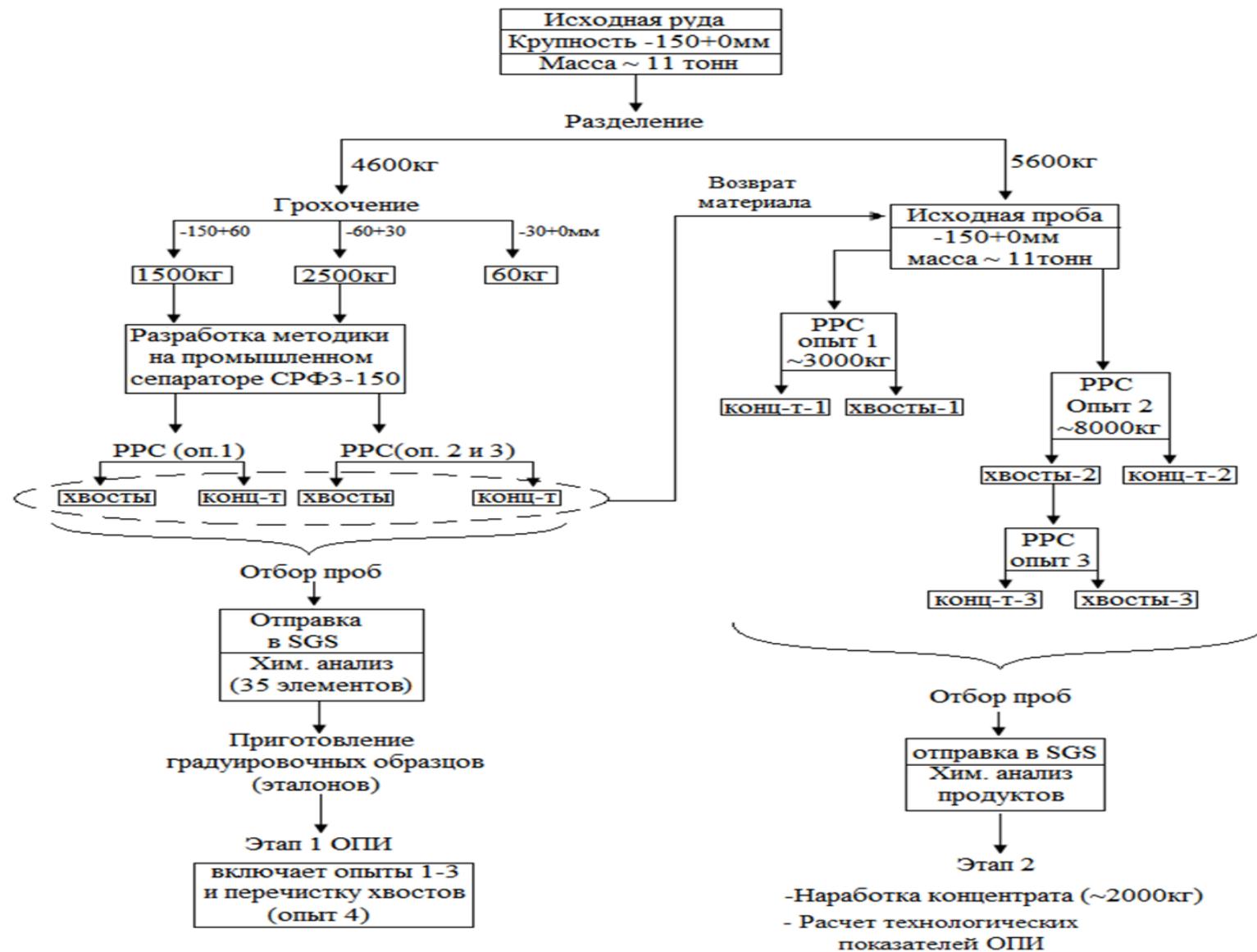


Рисунок 5 - Технологическая схема проведения ОПИ в промышленных условиях

Результаты испытаний в техническом центре АО «Иргиредмет»

Таблица 3.1. Сводные показатели предварительного обогащения РРС на материале класса -150 +50 мм

Наименование продукта	Масса, кг	Выход, %	Содержание Li, %	Извлечение Li, %
Концентрат	112,7	11,7	0,88	25,5
Промпродукт	181,4	18,8	0,60	28,0
Хвосты	670,1	69,5	0,27	46,5
Исходный	964,2	100,0	0,40	100,0

Таблица 3.2. Сводные показатели предварительного обогащения РРС на материале класса -50 +20 мм

Наименование продукта	Масса, кг	Выход, %	Содержание Li, %	Извлечение Li, %
Концентрат	142,5	16,4	0,94	35,2
Промпродукт	172,5	19,8	0,63	28,5
Хвосты	554,9	63,8	0,25	36,3
Исходный	869,9	100,0	0,43	100,0

Таблица 3.3. Сводные показатели РРС на общем машинном классе -150+20 мм

Наименование продукта	Масса, кг	Выход, %	Содержание Li, %	Извлечение Li, %
Концентрат	255,2	13,9	0,91	30,3
Промпродукт	353,9	19,3	0,61	28,2
Хвосты	1225	66,8	0,26	41,5
Исходный	1834,1	100,0	0,42	100,0

Из таблицы 3.3 видно, что в результате РРС на сводном машинном классе получен концентрат с содержанием Li 0,91 % или Li₂O 1,96 % при выходе 14% и извлечении 30 %; среднее содержание лития в хвостах РРС 0,26 %. Содержание Li в промпродукте является промежуточным между концентратом и хвостами и составило 0,6 %.

Таблица 3.4. Результаты ОПИ на промышленной установке РРС

Сводные показатели РРС					
-150+30 (1-3)	Концентрат	1821	9,8	0,95	19,3
	Хвосты	16683	90,2	0,43	80,7
	Исходный	18504	100,0	0,48	100,0

В результате ОПИ наработано почти 2 тонны концентрата с содержанием лития 0,95 % или Li₂O – более 2 %, что подтверждает результаты ОПИ, проведенных в АО «Иргиредмет»

ВЫВОДЫ

1. Руда обладает вещественным составом, позволяющим реализовать технологию РРС кускового материала по Li с использованием разделительного признака по сопутствующему элементу Rb. Аналитический параметр по Rb (P_{Rb}) отличается высокой корреляцией с Li (значение коэффициента корреляции R более 0,9), что позволяет уверенно выделять концентраты РРС на уровне 2 % по Li_2O , что соответствует требованиям технического задания к договору. Порода в РРС также уверенно распознается через породные элементы Ca, Fe, Sr
2. В породные отвалы, хвосты РРС, выделяется до 70% от общего объема горной массы, подаваемой на переработку на комплекс РРС с содержанием менее 0,2% по Li, что соответствует нормативным значениям. Это влияет на себестоимость концентрата и значительно снижает транспортные расходы по его перевозке потребителям. Данные породные отвалы могут сохраняться недропользователем до разработки новых технологических приемов обогащения
3. Разработанная методика РРС для данного типа руды позволяет получать продукты разного качества от минимальных содержаний лития 0,1 % до максимального 1,18 %, что значительно расширяет технологические возможности и товарный уровень продуктов, получаемых в технологии предварительного обогащения
4. Стабильность и эффективность разработанной методики РРС подтверждается результатами ОПИ в институте на сепараторе с улучшенными техническими характеристиками на основе полупроводниковых детекторов и в промышленных условиях на сепараторе с использованием более простых и недорогих газовых детекторов

Практическое применение настоящей НИР

Следует отметить, что **впервые в мировой практике, применение метода РРС (рентгенорадиометрической сепарации) позволило решить задачу повышения качества литийсодержащих руд по сопутствующему элементу Rb, входящему в атомную структуру минерала лепидолит**

При этом уровень разработки технологии позволяет успешно **применить методологию РРС для освоения, аналогичных МЦД по составу и генезису, литиевых месторождений по всему миру**

Полученные практические результаты ОПИ могут быть **использованы как исходные данные для разработки технологического регламента** предварительного обогащения литийсодержащих руд месторождения МЦД на основе технологии РРС при вводе его в эксплуатацию

Положительный результат ОПИ, полученный при применения технологии РРС для предварительного обогащения лепидолитовых руд месторождения МЦД в Монголии **уже получил практическое подтверждение**

Результатами ОПИ, после ознакомления с ними, заинтересовались ряд потенциальных потребителей:

- АО «АЭХК» - Ангарский электролизный химический комбинат, г. Ангарск, РФ и ПАО «Новосибирский завод химконцентратов», г. Новосибирск, РФ, которые входят структурно в компанию АО «ТВЭЛ», госкорпорации «Росатом»;
- Красноярский Химико-металлургический завод (КрХМЗ), г.Красноярск;
- ООО «Халмэк», г. Москва.

Благодарим за внимание!

**Технологический Центр РРС
АО «Иргиредмет»**

Тел.: +7(3952) 728-729 (доб. 1197)

Факс: +7(3952) 33-08-33

Моб.т.: +7(915)263-59-20, +7(983)445-79-51

rrs@irgiredmet.ru

alexsol63@gmail.com

gold@irgiredmet.ru

www.irgiredmet.ru