Региональная конференция по научно-техническому творчеству школьников «Лабиринты науки»

Секция химии

Получение железа из бедных руд Ярославской области

Исследовательская работа

Сургучев Сергей Андреевич,
обучающийся ГОАУ ДО ЯО ЦДЮТТ – «Кванториум»
Научный руководитель - к.т.н.
Серов Роман Андреевич, педагог-организатор ГОАУ ДО ЯО ЦДЮТТ – «Кванториум»
Научный руководитель - Бахтина Ирина Анатольевна, педагог дополнительного образования ГОАУ ДО ЯО ЦДЮТТ – «Кванториум»

Рыбинск, 2023

Содержание

Введение……..……3

Глава I. Сырье для исследований

1. Анализ образцов горных пород…….5
2. Разложение руд……5

Глава II. Получение металлического железа

1. Процесс электролиза…….……..…….6
2. Результаты исследования…….……7

Заключение……9

Список использованных источников……...…..……..10

Введение

Комплексная переработка руды является перспективным направлением промышленности, в частности, металлургической. Главной проблемой всех подобных методов является их дороговизна. Наши исследования являются шагом к созданию ряда технологий для усовершенствования комплексной переработки руд.

Роль железа в становлении и жизни человеческой цивилизации сложно переоценить. Новые материалы постепенно вытесняют железо из некоторых направлений, но, тем не менее, именно железо является надёжным фундаментом, обеспечивающим залог стабильного технического прогресса.

Запасы ископаемых ресурсов конечны. Месторождения постепенно истощаются - это касается и железных руд. Для добычи металлов в будущем предлагается использовать глубоководные и глубинные методы добычи, биодобычу с помощью бактерий и освоение космических недр - данные направления сравнительно новы и определение их реального потенциала сильно затруднено.

Чтобы добывать металлы, в частности железо, можно использовать концептуально другой метод его получения. Тогда и к сырью будут другие требования. Наиболее распространены два метода получения железа: доменный процесс и прямое восстановление [1]. Альтернативой им может являться электролиз водных растворов солей железа.

Получение растворов солей железа из минералов железа и другого железосодержащего сырья являются хорошо изученным. Прошедшие многостадийную очистку и экстракцию такие растворы практически не содержат примесей кроме искомой соли железа.

Электролиз водных растворов солей железа широко изучался учёными в XX веке в качестве способа получения особо чистого железа для полупроводниковой техники [2]. С помощью электролиза можно проводить рафинирование металла, применяя железный (стальной) анод, или его

извлечение из раствора с применением инертного анода [3]. Чистота получаемого железа является одним из плюсов электролиза.

Современные технологии позволяют, используя различные методы, выделать из бедной руды определённые элементы: это касается и железа. Перспектива создания экспериментальных производств довольно велика.

На Марсе, по оценкам учёных, имеются все необходимые для жизни элементы. Регалит (марсианский грунт) богат железом, об этом говорит даже цвет поверхности планеты. Добыча в условиях Марса имеет свои особенности, в частности, сложностью реализации традиционного для Земли доменного процесса. Исследователи из NASA предлагают выделять железо с помощью бактерий, а затем восстанавливать его с помощью угарного газа, получаемого при синтезе метана [4].

Электролитический способ добычи железа более привлекателен для марсиан с точки зрения конечного продукта, а также отходов, которые более удобны для использования другими производствами [5, 6].

Согласно пункту перспектив расширения минерально-сырьевой базы Ярославской области справки ФГБУ «ВСЕГЕИ» в ходе работ ЦНИГРИ в 90-е годы прошлого столетия было установлено, что при переработке песчано-гравийных смесей некоторых месторождений Ярославской области имеется возможность попутного извлечения концентратов тяжёлых металлов, в частности, ильменита, рутила, циркона, лейкоксена, магнетита, граната, монацита, а также золота [5].

Такие концентраты, к примеру, могут являться вторичными продуктами производства кварцевого песка. Сырьём для получения электролитов солей железа может являться не только руда или побочные продукты и отходы других производств (например, шлаки металлолитейных производств), но и металлолом.

Цель работы: Исследовать получение железа из бедных руд.

Для достижения поставленной цели были выполнены следующие задачи:

- Изучить теоретические основы разложения руд;
- Изучить методы получения железа;
- Рассмотреть существующие технологии и их применение;
- Изучить образцы породы;
- Получить железо из сырья;
- Провести анализ полученного железа;
- Сделать выводы и обозначить дальнейшее направление исследований.

Глава I. Сырье для исследований

1.Анализ образцов горных пород

В качестве источника железа были выбраны образцы горных пород, добытых близ Чудиново - деревни Михайловского сельского округа Волжского сельского поселения Рыбинского района Ярославской области и в одном из месторождений Петровской группы (поставщик ООО «РЫБИНСКИЙ ГРУЗОВОЙ ПОРТ»)[6].

Представленное сырьё оказалось близким по химическому составу. Минералы, образующие породу: гётит, пирит, кварц, глауконит, фосфорит, кальцит и др. В образцах содержатся: Fe, Si, Ca, P, Na, K, Al, S, Mn, Mg, Ti, стоит отметить наличие Sr и Ba; низкое содержание Cr, V, Co, Ni, Zn, Rb, Zr, Y; содержание радиоактивных и канцерогенных элементов находится на уровне фоновых. Потеря массы при прокаливании составляет от 11 до 18%.

2.Разложение руд

Разложение руды производилось с производилось с помощью разработанной технологии. В результате было получено соединение железа F1 (соединение обозначено «F1» для сохранения коммерческой тайны), далее F1 растворяется в слабом растворе соляной кислоты, из него аммиаком осаждается $Fe_2O_3*nH_2O$, осадок отсасывается, промывается слабым раствором аммиака, затем растворяется в соляной кислоте. Полученный раствор упаривается при температуре 90-95°C до уд. в. 1,659 при 25°C, затем охлаждается до 4°C, изредка перемешивается. Выделившиеся кристаллы

$FeCl_3*6H_2O$ отсасывают[7]. В дальнейшем они используются для приготовления электролита.

Глава II. Получение металлического железа

1. Процесс электролиза

В исследованиях применялись методы получение электролитического железа с нерастворимым анодом и рафинирования железа.

Точный химический состав и представляющие особый интерес параметры электролиза скрыты с целью сохранения коммерческой тайны.

Основные реакции, происходящие при электролизе

Процессы на катоде (хим. реакции 1-3):

$$2H^+ + 2e = H_2 \quad (1)$$

$$Fe^{2+} + 2e = Fe \quad (2)$$

$$Fe^{3+} + e = Fe^{2+} \quad (3)$$

Процессы на аноде (хим. реакции 4-6):

$$2O^{2-} - 4e = O_2 \quad (4)$$

$$Fe - 2e = Fe^{2+} \quad (5)$$

$$Fe^{2+} - e = Fe^{3+} \quad (6)$$

Температура раствора значительно влияет на электролиз: выделение железа начинает преобладать над выделением водорода. При температурах близких к 100ºС выделение водорода значительно уменьшается, а водяной пар начинает выделяться, т. к. поверхность электродов выступает центром кипения.

При рафинировании можно было ожидать относительное постоянство состава электролита, как, например, при рафинировании меди, однако электролит постепенно обедняется ионами железа.

При электролизе с инертным анодом без диафрагмы ионы железа реагируют с осадком на катоде и самим материалом анода, при этом осадок на катоде выделяется, но намного медленнее (хим. реакция 7).

$$2Fe^{3+} + Fe = 3Fe^{2+} \quad (7)$$

При электролизе с инертным анодом с диафрагмой католит сначала обедняется ионами Fe^{3+} которые полностью переходят в Fe^{2+}, аноде процессы прямо противоположные. При этом водородный показатель анолита уменьшается, а католита увеличивается; это создаёт проблемы, так как pH католита должен быть постоянен. В этом случае целесообразно анолит постепенно перекачивать в католит, при это восстанавливая Fe^{3+} до Fe^{2+}, например хлоридом или сульфатом гидроксиламина. Также такой анолит может быть использован как раствор для выщелачивания металлов, например, из металлолома, так как при этом будет расход кислоты и время, необходимое для растворения, будет значительно меньше.

Одной из важнейших проблем в получении электролитического железа является совместное выделение железа и водорода, при этом осадок на катоде приобретает губчатую структуру. Это отрицательно влияет на выход по току. Нам удалось решить эти проблемы с помощью изменений условий электролиза.

Рафинирование с диафрагмой может применяться для получения особо чистого железа, при этом анолит перекачивается в католит, проходя через несколько стадий очистки.

2. Результаты исследования

Одним из результатов исследования является двухконтурная установка для проточного электролиза с диафрагмой и инертным анодом с функциями перемешивания электролита и автоматическим контролем температуры и pH, а также стенд для испытания различных видов электролиза и условий его проведения.

Исходя из объективности исследования электролиз проводился с использованием инертного анода из графита и различных диафрагм (из пористого стекла, стекловолокна, картона, бумаги, пористой керамики и полиэтилена). Лучший результат был получен с использованием пористого стекла и стекловолокна. С помощью рентгенофлуоресцентного сканометра «Панда» (Россия, АО «Научные приборы»), было установлено содержание в нем железа, значение составило 97,641% (рис. 1).

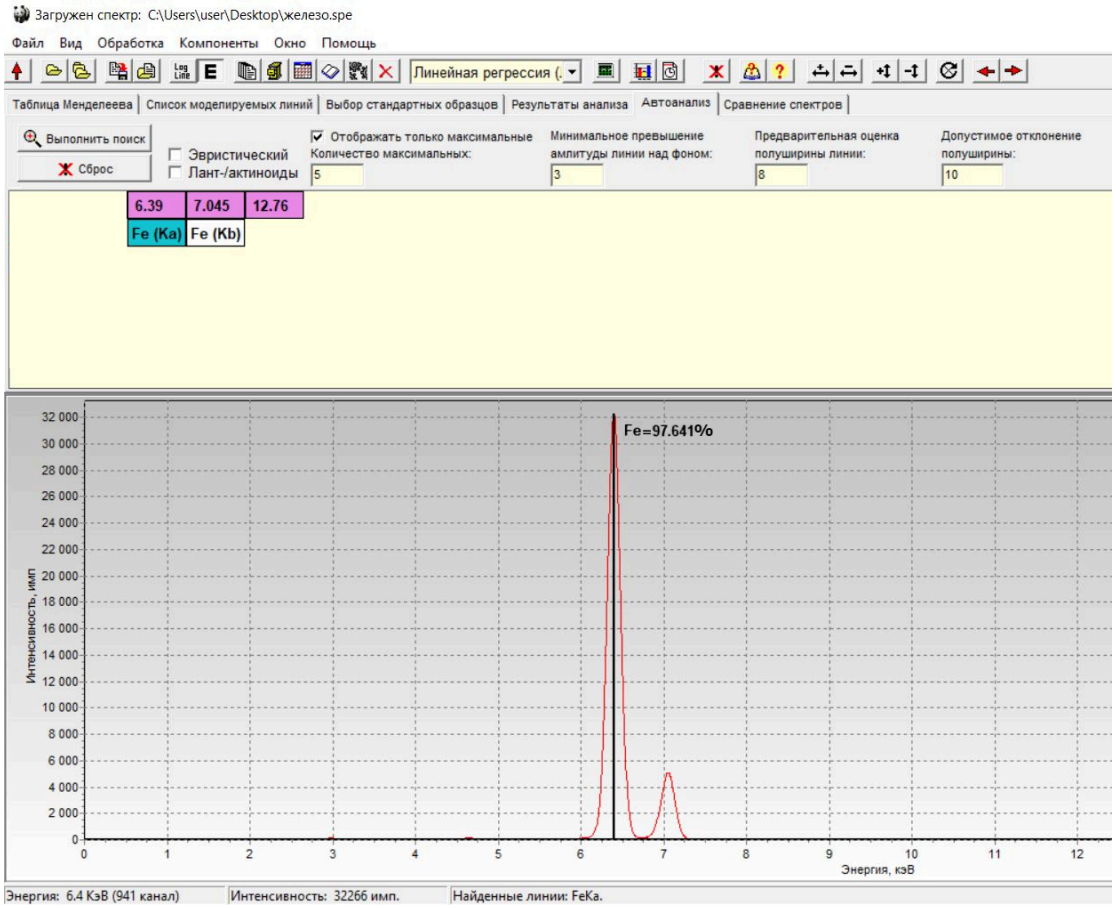


Рисунок 1 – Рентгенограмма полученного железа.

Заключение

Таким образом, было получено железо, из бедных руд Ярославкой области, данный метод является перспективным направлением, сырьём для которого могут служить не только руды, но и сливы производств, лом чёрных и не только металлов, а также шлаков и других отходов. Данная технология несёт меньшую нагрузку на экологию по сравнению с традиционными методами получения железа. Вследствие вышеперечисленного, можно сделать вывод о потенциале применения способа получения железа из бедных руд на Земле и в будущем освоении космоса. Потенциальным развитием нашей технологии является комплексное разложение руд, над чем и ведутся наши исследования.

Работы по улучшению и оптимизации метода, будут продолжаться. Нам удалось договориться с ОК РУСАЛ о предоставлении нам красных шламов для испытания на них нашей технологии. Также мы готовим патентную заявку на нашу технологию.

Список литературы

1. Курдюмов, Г. В. Основы металлургии / Курдюмов Г. В., Утевский Л. М., Энтин Р. И., Превращение в железе и стали.- т. 2.- М., 1977.

2. Чернобров, С. М. Труды конференции по получению особо чистых металлов и соединений для полупроводниковой техники / С. М. Чернобров , 1958

3. Баймаков, Ю. В. Электролиз в металлургии / Ю. В. Баймаков.- Металлургиздат НКЧМ СССР, 1939

4. Stanley O. Starr. Mars in situ resource utilization: a review / Stanley O. Starr, Anthony C. Muscatello // Planetary and Space Science.- 2019.- Vol.182.-URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032063319301618 (дата обращения: 05.02.2023)

5. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Ярославской области на 15.03.2021 г. Справка подготовлена ФГБУ «ВСЕГЕИ» в рамках выполнения Государственного задания Федерального агентства по недропользованию от 14.01.2021 г. № 049-00016-21-0 URL: https://www.rosnedra.gov.ru/data/Fast/Files/202104/01f2959c6aadc8115bcf4e1634e1248c.pdf (дата обращения 17.12.2022)

6. Книпович, Ю. Н. Анализ минерального сырья / Ю. Н. Книпович, Морачевский.- Ленинград: ГХИ, 1969.- с. 287-350 URL: https://www.chem.msu.ru/rus/books/knipovich/287-349.pdf (дата обращения: 28.10.2022).

7. Карякин Ю. В. Чистые химические реактивы / Ю. В. Карякин, И. И. Ангелов.- Москва: Госхимиздат, 1955.- с. 135-153.