- 95%20%D0%9F%D0%A0%D0%95%D0%92%D0%A0%D0%90%D0%A9%D0%95%D0%9D%D0%98%D0%AF.pdf
34. Бондаренко Е.А. Материя и материальная действительность // Проблемы науки №10(23)2017; Здесь же, Материя: основы положений теории строения элементарных частиц и полевая теория строения элементарных частиц.
 35. Scherk J. (англ.), Schwarz J.H. Dual models for non-hadrons (англ.) // Nucl.Phys. -1974. - Vol. 81, iss. 1. - P. 118–144. -ISSN 0550-3213
 36. Бухбиндер И.Л. Теория струн и объединение фундаментальных взаимодействий. // Соросовский образовательный журнал - 2001, № 7.- С. 99. 37. Барбашов, Б.М., Нестеренко, В.В. Суперструны - новый подход к единой теории фундаментальных взаимодействий // Успехи физических наук. Том 150, № 4. - М.: 1986, с. 489 - 524.
 37. Каку, Мичио. Введение в теорию суперструн / Пер. с англ. Г.Э. Арутюнова, А.Д. Попова, С.В. Чудова; под ред. И. Я. Арефьевой. — М.: Мир, 1999. - 624 с. - ISBN 5-03-002518-9
 38. П.В. Паули. Принцип запрета, группа Лоренца, отражение пространства, времени и заряда // Нильс Бор и развитие физики. — М., ИЛ, 1958. — с. 46-74.
 39. Электронный ресурс. Энергии разрыва связей в неорганических молекулах и радикалах-...chem21.info/article/413971
 40. Б.Т. Утелбаев, Э.Н. Сулейменов, А.Б. Утелбаева. Трибоэлектризация и «электромагнитная материя» // Science and World. 2020. V1. N.9 (85) с. 17-23.

Эркинбаева Н.А.¹, Ысманов Э.М.², Ташполотов Ы.^{2,3}

Физико-химические свойства и применение редкоземельных элементов

¹*Ошский технологический университет
(Кыргызстан, Ош)*

²*Институт природных ресурсов ЮО НАН КР
(Кыргызстан, Ош)*

³*Ошский государственный университет
(Кыргызстан, Ош)*

doi: 10.18411/lj-08-2021-13

Аннотация

Полученный редкоземельный металл лантан в свободном состоянии представляет собой серебристо-белый, довольно мягкий металл. Из-за высокой активности к атмосферному кислороду и воде куски лантана следует сохранить в парафине. Металлический лантан очень хорошо проводит электрический ток. При обычной температуре реагирует с водой и кислотами неокислителями, выделяя водород, и образует щелочи. Металлический лантан сильно реагирует с йодом и серой. Во время горения данный металл в атмосфере кислорода выделяются большое количество тепла и образуют оксиды, этот процесс измеряли пирометром ДТ 8885 (пирометр инфракрасный от 50 до 1300°C). Оксид лантана является твердым, крепким и тугоплавким соединением. Оксид лантана способны соединяться с водой и создавать основания.

Ключевые слова: горение, водород, тепло, энергия, щелочь, оксиды, электрический ток, мягкий, техногенные отходы, активный металл, сильно реагируют, РЗЭ.

Abstract

The resulting rare earth metal lanthanum in a free state is a silvery-white, rather soft metal. Due to the high activity towards atmospheric oxygen and water, lanthanum pieces should be kept in paraffin. Metal lanthanum conducts electric current very well. At normal temperatures, they react with water and acids as non-oxidizing agents, releasing hydrogen and forming alkalis. Metallic lanthanum reacts strongly with iodine and sulfur. During combustion, this metal in an oxygen atmosphere releases a large amount of heat and forms oxides, this process was measured with a DT 8885 pyrometer (infrared pyrometer from 50 to

1300 °C). Lanthanum oxide is a solid, strong and refractory compound. Lanthanum oxide is capable of connect with water and create foundations.

Keywords: combustion, hydrogen, heat, energy, alkali, oxides, electric current, soft, industrial waste, active metal, react strongly, REE.

Введение

В настоящее время на территории Кадамжайского сурьмяного комбината (КСК) Кыргызской Республики, имеются десятки миллионов тонн промышленных отходов [1]. В [2], нами исследованы и определены химический состав техногенных отходов, а именно шлак намагниченный, шлак в виде песка, флотационный хвостовой отход и природная глина комбината.

Результаты спектрального и рентгено-флуоресцентного анализа показали, что в техногенном отходе КСК, содержится очень ценные редкоземельные элементы как иттербий, иттрий, лантан, и скандий (Yb, Y, La, Sc), кроме того содержатся также такие ценные элементы как титан, ванадий, вольфрам, ниобий, индий, германий, галлий, тантал, молибден, стронций, фермий, цирконий, кобальт и др. Наряду с этим, нами определены оксиды элементов для использования в качестве сырья производства портландцемента и строительных материалов техногенных отходов КСК 50-60% SiO_2 ; 4-5,6 % Al_2O_3 ; 4-7% Fe_2O_3 ; 4-17,5%CaO; и др. Эти исследования проводились с целью комплексного применения техногенных отходов КСК в различных отраслях народного хозяйства с целью утилизации техногенных отходов, улучшить экологические обстановки региона и снизить материальные затраты для производства новой продукции.

В статье [3] рассмотрены способы извлечения редкоземельных элементов из отходов (шлака) КСК, для этого использовалось электроактивированная вода с добавлением 50%-ной серной кислоты в количестве 3-10% в соотношении 1:1(Ж:Т) при температуре 40-80°C. Содержание редкоземельных элементов в растворе определено фотометрическим методом(7) в среде с рН-2,2внесением арсеназо-(III) при длине волны 680 нм по отношению к раствору сравнения, в результате которого установлено, что суммарная масса извлеченного лантана составляет 96 мг/л. Стандартный раствор лантана приготовленный в мерной колбе емкости 1000 мл дистиллированной воде 2,058г лантан азотно- кислый 6-водный $\text{La}_2(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

В статье [4-6] исследована технология получения редкоземельных элементов из шлака КСК. Исследование проводилось получением РЗЭ, методом осаждения с применением неорганических реагенты осадителей (фосфат аммония, магниезиальная смесь, хлорид олово, раствор соляной кислоты) и осаждаются ионы металлов (Ba^{2+} Sr^{2+} Pb^{2+} Mg^{2+} As^{2+} Al^{3+} Cr^{3+} Fe^{3+} Ag^{+} Hg^{2+} Ca^{2+}).

Экспериментально исследовано извлечение РЗЭ от примесей и определено специфичность органических реагентов осадителей (диметилглиоксим, купферон, 8-оксихолин) последовательным применением реагентов и в результате образуется осадок внутрикомплексного соединения металлов (магния, цинка, алюминия, кадмия, меди, железа, кобальт, никель и др.). Практически изучено последовательное добавление неорганических и органических реагентов осадителей, методом экстрагирования образуется осадок и каждый раз выливается осадок на отвал, полученный раствор фильтруется через постельную ткань и промывают несколько раздистиллированной водой. Содержание РЗЭ в растворе определяют фотометрическим методом [7] рН-2,2 среде с применением арсеназо-(III), при длине волны 680 нм по отношению к раствору сравнения. В наших экспериментах суммарная масса лантана составило в 99,98 мг/л. Редкоземельные элементы проявляют между собой большое сходство химических и некоторых физических свойств, что объясняется почти одинаковым строением наружных электронных уравнений их атомов. Редкоземельные элементы-металлы получают восстановлением соответствующих

оксидов, фторидов электролизом безводных солей и другими методами. Скандий, иттрий и лантаноиды имеют высокую реакционную способность. Химическая активность этих элементов особенно заметна при повышенных температурах. При нагревании до 300-400⁰С металлы реагируют даже с водородом, образуя RH_3 и RH_2 (символ R выражает атом редкоземельного элемента). Эти соединения достаточно прочные и имеют солевой характер. При нагревании в кислороде металлы легко реагируют, образуя оксиды R_2O_3 (лишь только Sc и Y при помощи образования защитной оксидной пленки является стойкими на воздухе, даже при нагревании до 1000⁰С).

Химическая активность редкоземельных металлов не одинаково от скандия до лантана химическая активность возрастает, а в ряду лантан – лютеций снижаются. Отсюда следует, что наиболее активным металлом является лантан. Это обуславливает уменьшением радиуса атомов элементов от лантана до лютеция с одной стороны и от лантана до скандия, с другой стороны. Эффект «лантаноидного сужения» (давления) приводит к тому, что следующие после него элементы (гафний, тантал, вольфрам, рений, осмий, иридий, платина) уменьшают радиусы атомов на 0,2 -0,3А⁰ отсюда и очень схожие свойства со свойствами соответствующих элементов пятого периода.

В элементах – скандий, иттрий, лантан-d-оболочка предпоследнего электронного слоя только начинает образовываться, поэтому радиусы атомов и активность металлов в этой группе возрастают сверху вниз. Именно этим свойством группа отличается от других побочных подгрупп металлов, у которых порядок изменения активности противоположный. Поскольку атома иттрия (0,894А*) близок к радиусу атома гольмия (0,8941А*), то по активности этот металл должен занимать одно из предпоследних мест. Скандий же из-за своей активности должен располагаться после лютеция. В этом ряду ослабляются действие металлов на воду. Редкоземельные элементы чаще всего проявляют степень окисления +3. Из-за этого наиболее характерными являются оксиды R_2O_3 – твердые и тугоплавкие соединения. Будучи основными оксидами, большинство элементов способны соединяться с водой и создавать основания $R(OH)_3$. Гидроксиды редкоземельных металлов мало растворимы в воде, способность R_2O_3 соединяться с водой, основная функция, то есть и растворимость $R(OH)_3$ уменьшается в той же последовательности, что активность металлов $Lu(OH)_3$, а особенно $Sc(OH)_3$, проявляют некоторые свойства амфотерности. Так, кроме раствора $Sc(OH)_3$ в концентрированном NaOH, получена соль $Na_3Sc(OH)_6 \cdot 2H_2O$. Поскольку металлы данной подгруппы активны, а их соли сильно кисло растворимы, они легко растворяются в кислотах – не окислителях и кислотах окислителях (8,9,10).

Редкоземельные элементы используют в различных отраслях техники: в радиоэлектронике, в приборостроении, атомной технике, в машиностроении, в химической промышленности, в металлургии и др. Широко применяют La, Ce, Nd, Pr в стекольной промышленности в виде оксидов и других соединений. Эти элементы входят в состав стекол специального назначения, пропускающих инфракрасные лучи и поглощающих ультрафиолетовые лучи, кислотно и жаростойких стекол. Большое значение получили редкоземельные элементы и их соединения в химической промышленности, например, в производстве пигментов, лаков и красок, в нефтяной промышленности как катализаторы.

Редкоземельные элементы применяют в производстве некоторых взрывчатых веществ, специальных сталей и сплавов как газопоглотители. Монокристаллическое соединение редкоземельных элементов применяют для создания лазерных и других оптически активных и нелинейных элементов в оптоэлектронике. Высокие темпы роста за последние 20 лет вызваны увеличением спроса на жесткие диски, персональное звуковое оборудование и небольшие электродвигатели в некоторых автомобилях. На металлургические предложения, которые включают в себе использование редких земель в никель-металл-гидридных (NiMH) батареях. NiMH-батареи показали самые

высокие темпы роста в этом секторе в течение последнего десятилетия, что изначально была обусловлена увеличением спроса на портативное электронное оборудование, а затем использованием этих батарей в электросистемах HEV.

Легкие редкоземельные элементы (LREE) используются в производстве жидких катализаторов каталитического крекинга (FCC) и автокатализаторов, которые вместе составляют около 16% мирового спроса. Пересмотр использования РЗЭ в магнитах и любой продолжительный период высоких цен могут ограничить использование магнитов NdFeB в электродвигателях с постоянными магнитами для электроавтомобилей и ветровых турбин.

Индивидуальные РЗЭ используются в производстве каталитических фильтров-нейтрализаторов (цезий, неодим). В металлургии РЗМ используются для получения особых сортов чугуна, стали и сплавов цветной металлургии, РЗМ повышают качество металлургических продукций, улучшают их свойства, в частности ударопрочные и коррозионностойкие.

Редкоземельные металлы также используются в военно-промышленном комплексе, без них современные двигатели беспилотных летательных аппаратов и большие части оборудования с бескомпьютерным управлением невозможно. Перечислим в качестве примера, где можно найти редкоземельные элементы в оборудовании и вооружении мощнейшей Российской подводной лодки класса «Антей». В производстве генераторов и электроприемников использованными (лантан, празеодим, диспрозий и тербий), в сенсорных датчиках и люминофоры дисплеев на командовании, с использованием РЗЭ эффективно работает.

Гидролокаторы и оптические системы наблюдения и управления движением произведены с применением неодима, тербия, лантана и церия, а для выпуска электроприводов оперения стабилизаторов баллистических ракет, систем контроля гравитации стабилизаторах «умных» бомб используется самарий и неодим [11,12].

Экспериментальная часть

Полученный редкоземельный металл лантан [3,4] в свободном состоянии представляют собой серебристо-белый, довольно мягкий металл. Лантан проводит электрический ток очень хорошо. Из-за высокой активности к атмосферному кислороду воды куски лантана следует хранить в парафине. При обычной температуре реагируют с водой и кислотами не окислителями, выделяя водород и щелочи. Установлено, что:

- 1) $2\text{La} + 6\text{HCl} = 2\text{LaCl}_3 + 3\text{H}_2$ выделение газообразного водорода можно определить с горением, для этого подносят в газовую трубку тлеющую лучинку;
- 2) С водой реагируют с образованием щелочи $2\text{La} + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{La}(\text{OH})_3$ щелочные свойства раствора можно определить с применением спиртового раствора фенолфталеина, который дает розовый цвет;
- 3) При нагревании в атмосферном кислороде лантан легко реагирует с ним, образуя оксиды. $4\text{La} + 3\text{O}_2 = 2\text{La}_2\text{O}_3$ полученный оксид лантан является твердым, крепким и тугоплавким соединением.
- 4) В процессе горения данный металл, в атмосфере кислородом выделяют тепло в количестве 1287,4 Дж. Этот процесс измеряли с пирометром ДТ8858 (пирометр инфракрасный от 50 до 1300⁰С);
- 5) Оксид лантана способен реагировать с водой и образовывать основание $\text{La}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{La}(\text{OH})_3$, гидроксид лантана малорастворим в воде;
- 6) Металлический лантан энергично реагирует с йодом, для этого на термостойкую колбу засыпают кристаллики йода, туда опускают пробирку с холодной водой и колбу закрывают плотно ватой. В процессе нагревания кристаллики йода возгоняются и йод оседает на холодную стенку пробирки, На фарфоровую чашку засыпают возгонные

кристаллики йода и загружают металлический лантан, где происходит бурная реакция $2\text{La} + 3\text{I}_2 = 2\text{LaI}_3$;

- 7) При нагревании металлический лантан реагирует с молотой серой:
 $2\text{La} + 4\text{S} + \text{O}_2 = \text{La}_2\text{S}_3 + \text{SO}_2$.

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать следующие выводы:

1. Полученный лантан является самым активным металлом, при обычной температуре с водой и кислотами не окислителями выделяет водород и щелочи.
2. Металлический лантан энергично реагирует с йодом и серой.
3. В процессе нагревания в атмосферном кислороде лантан легко с ними реагирует и образует твердое, крепкое и тугоплавкое соединение оксид лантана.
4. В процессе горения в атмосферном кислороде данный металл выделяет большое количество энергии в виде тепла -1287,4 Дж.
5. Металлический лантан имеет высокое свойство проводимости электрического тока.

1. Ысманов Э.М., Абдалиев У.К., Ташполотов Ы. Обогащение сурьмяных отходов на основе гравитационного метода // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований (РФ). 2016, №7 (5), с.779-782
2. Эркинбаева Н.А., Ташполотов Ы., Ысманов Э.М. Исследование химического состава промышленных отходов Кадамжайского сурьмяного комбината// Бюллетень науки и практики (РФ), 2020, Т.6, №12, С .73-78.
3. Эркинбаева Н.А. Технология извлечения редкоземельных элементов из шлака Кадамжайского сурьмяного комбината//Бюллетень науки и практики (РФ), 2021, Т.7, №1, С. 311-315.
4. Эркинбаева Н.А., Ысманов Э.М., Ташполотов Ы. Технология получения редкоземельных элементов из шлака Кадамжайского сурьмяного комбината с применением неорганических и органических реагентов методом осаждения.//Тенденции развития наука и образование №74 июнь 2021. С.143-148.
5. Ысманов Э.М., Абдалиев У.К., Ташполотов Ы. Осаждение мышьяка и железа из промышленных отходов (штейна и шлака) Кадамжайского сурьмяного комбината химическим методом//Международный журнал экспериментального образования (РФ), 2017, №1, С.44-47.
6. Гравиметрический (весовой анализ). Методическое указание к изучению курса количественного химического анализа // составитель. К.И. Яковлев,
7. Способ фотометрического определения редкоземельных элементов. Патент РФ 2511375.
8. Мотов Д.Л. Исследование физико-химических свойств соединений редких элементов Л:Наука, 1978.-126с.
9. Тейлор К., Дарби М. Физика редкоземельных соединений. М: Мир, 1974.-374с.
10. Источник- Roskill. Com. Ereport. Ru.
11. Редкоземельные металлы: применение, проблемы, перспективы (электронный ресурс) «Уралинфо», режим доступа: Н«justify».
12. Стратегические значения редкоземельных металлов в мире и в России (электронный ресурс).- УКТ.Ru, режим доступа: Н«justify».