



Научный журнал "Академический вестник ЭЛПИТ"

Scientific journal "Academical bulletin ELPIT"

Том №4 Номер 3 (9)

Volume 4, Issue 3 (9)

Издательство "ELPIT"

EDITION "ELPIT"

ISSN 2542-1743

Тольятти, 2019 г.

Togliatti, 2019

0+

Свидетельство о регистрации СМИ Эл № ФС77-67272 от 21.09.2016 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

**Электронное периодическое издание
научный журнал "Академический вестник ЭЛПИТ" ISSN 2542-1743**

**Electronic periodical edition
scientific journal "Academical bulletin ELPIT"**

Том №4 Номер 3 (9)

Volume 4, Issue 3 (9)

Редакция

Главный редактор - А.В. Васильев, д.т.н., профессор;
Заместитель главного редактора - В.В. Заболотских, к.б.н., доцент;
Ответственный редактор - О.В. Бынина;
Веб-редактор - А.И. Ганин;
Корректор - В.А. Васильева;
Начальник отдела подписки и рекламы Л.А. Васильева

Редакционная коллегия

Р.Р. Даминев, доктор технических наук., профессор (филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета, г. Стерлитамак),
Р.Я. Дыганова, доктор биологических наук, профессор (Казанский государственный энергетический университет, г. Казань),
Н.И. Иванов, доктор технических наук, профессор (Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург),
А.А. Иголкин, доктор технических наук, доцент (Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, г. Самара),
Я.И. Иевиньш, доктор наук, профессор (Рижский технический университет, Латвийская Республика, г. Рига),
С. Луцци, доктор наук, профессор (Флорентийский университет, Итальянская Республика, г. Флоренция),
В.Н. Михелькевич, доктор технических наук, профессор (Самарский государственный технический университет, г. Самара),
Г.С. Розенберг, чл.-корр. РАН, доктор биологических наук, профессор (Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти),
О.Н. Русак, доктор технических наук, профессор (Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности, г. Санкт-Петербург),
С.В. Саксонов, доктор биологических наук, профессор (Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти),
С. Сибильо, доктор наук, профессор (Второй Неаполитанский университет, Итальянская Республика, г. Неаполь),
А.С. Сироткин, доктор технических наук, профессор (Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань),
Е.И. Тихомирова, доктор биологических наук, профессор (Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А., г. Саратов),
Ю.В. Трофименко, доктор технических наук, профессор (Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, г. Москва),
Ю.А. Тунакова, доктор химических наук, профессор (Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ, г. Казань)
Г.Н. Яговкин, доктор технических наук, профессор (Самарский государственный технический университет, г. Самара),
Н.Г. Яговкин, доктор технических наук, профессор (Самарский государственный технический университет, г. Самара)

СОДЕРЖАНИЕ

С. 4

ПРЕДИСЛОВИЕ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

С. 5-15

Е.И. БАХОНИНА, А.В. ВАСИЛЬЕВ. ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА ОТХОДОВ ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ РУД ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ СВЧ-ЭНЕРГИИ

С. 16-20

В.А. ВАСИЛЬЕВ, М.А. КРИВОВА, Е.В. РОМАНЦОВА. СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

С. 21-26

Н.Н.ОПАРИНА, В.В. ЗАБОЛОТСКИХ. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ОТРАБОТАННОЙ ЩЕЛОЧИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА СТОКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

С. 27-37

А.В. ХРАМОВ, Л.В. КОНТРОШ, О.И. ШУМИЛОВ, Е.А. КАСАТКИНА. РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ - БОЛЬШАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

ПРЕДИСЛОВИЕ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Данный выпуск переводного научного журнала «Академический вестник ELPIT» содержит статьи авторов из Апатит, Самары, Санкт-Петербурга, Уфы, посвященные актуальным проблемам экологии и безопасности жизнедеятельности.

Проведена предварительная оценка потенциала такого техногенного «сырья» как накопителей (трансформаторов) СВЧ-энергии для вовлечения их в переработку. Осуществлен расчет диэлектрической проницаемости отходов с различных хранилищ как статистических систем по «логарифмическому закону смещения».

Разработана система организационного управления экологией (СОУЭ) предприятия, являющаяся составной частью автоматизированной системы управления (АСУ), которая позволяет повысить эффективность управления экологией, расходования средств, освободить время у соответствующих специалистов, сократить время на разработку экологических мероприятий.

На основе анализа существующих методов обезвреживания отработанной щёлочи выбран как наиболее доступный и перспективный метод окисления щелочных отходов кислородом воздуха. Внедрение предложенной технологии на предприятии позволит сократить платежи за сбросы загрязняющих веществ в водный объект и предотвратить экономический ущерб окружающей среде.

Рассмотрена актуальная проблема применения редкоземельных элементов в различных сферах жизни людей. Проанализировано возможное влияние редкоземельных элементов на здоровье человека. Проведен обзор исследования токсичности редкоземельных элементов. Также рассмотрены источники проникновения редкоземельных элементов в организм человека.

Среди авторов научного журнала «Академический вестник ELPIT» - как известные ученые, доктора и кандидаты наук, так и молодые ученые, студенты. Журнал является переводным, помимо данного номера подготовлен переводной вариант статей на английском языке. Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Учредителем и издателем журнала является Общество с ограниченной ответственностью «Институт химии и инженерной экологии».

А.В. Васильев, главный редактор журнала, д.т.н., профессор, заслуженный эколог Самарской области, почетный работник высшего профессионального образования РФ

УДК:628.477.6:628.544:66.086

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА ОТХОДОВ ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ РУД ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ СВЧ-ЭНЕРГИИ

Е.И. Бахонина¹, А.В. Васильев²

¹Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

²Самарский государственный технический университет, г. Самара

АННОТАЦИЯ

Обозначена проблема накопления значительных количеств техногенных образований горнодобывающего комплекса, в том числе отходов лежалых хвостов флотационного обогащения, на территории РФ и РБ. Целью исследования является предварительная оценка потенциала такого техногенного «сырья» как накопителей (трансформаторов) СВЧ-энергии для вовлечения в переработку данным способом. Поскольку горные породы представляют собой сложную среду, состоящую из частиц минералов, разных по химическому составу, морфологии и т.д., то сначала рассмотрены диэлектрические свойства трех условных групп: диэлектриков, полупроводников и проводников. Представлены факторы, влияющие на изменение проводимости среды, диэлектрической проницаемости и потерь. В качестве объекта исследования выбраны отходы лежалых хвостов обогащения из четырех хранилищ, расположенных на территории республики Башкортостан. С помощью методов рентгенофлуоресцентного и рентгеноструктурного анализа осуществлена оценка элементного и минерального состава исследуемых отходов. Полученные результаты сопоставлены с литературными и справочными данными, определены значения диэлектрической проницаемости минералов, находящиеся в составе отходов. На основании полученных данных осуществлен расчет диэлектрической проницаемости отходов с различных хранилищ (как статистических систем) по «логарифмическому закону смешения».

Ключевые слова: горная порода, минералы, отходы флотационного обогащения, микроволновое излучение, диэлектрическая проницаемость, диэлектрические потери, химический и фазовый состав.

1. ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день в районах деятельности горнодобывающего комплекса наблюдается значительное увеличение техногенных образований, представляющих собой заполненные отходами отвалы, хвосто- и шламохранилища. На территории Российской Федерации размещено свыше 2 млрд. т минеральных отходов, включая хвосты обогащения, вскрышные породы и т.д. [1-2]. Вследствие многообразия минеральных форм, условий складирования и хранения такие виды отходов сложны для переработки, до извлечения ценных компонентов. Оценка потенциала подобного техногенного «сырья» при определенных способах воздействия (физических, химических и др.) на него с целью вовлечения в различные технологические процессы является актуальной задачей.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

К значительным техногенным образованиям Южного Урала (только на территории РБ накоплено около 80000 тыс.т.) относятся хвосты флотационного обогащения [1-3]. К ним относят отходы процессов обогащения полезных ископаемых, в которых содержание ценного компонента ниже, чем в исходном сырье. Одним из приемлемых путей дальнейшей переработки является воздействие электромагнитного излучения СВЧ-диапазона на данный вид минеральных отходов. Известны работы по применению СВЧ-поля для разупрочнения горных пород, мерзлых грунтов при бурении скважин, подготовки руд перед помолотом и извлечения из них металлов; разработаны соответствующие способы и СВЧ-устройства [4-11].

Таким образом, представляет интерес изучение вопроса эффективности диссипации СВЧ-энергии в таких сложных минеральных структурах как хвосты флотационного обогащения руд. Для этого необходима предварительная оценка минерального и элементного состава исследуемых отходов и сопоставление с имеющимися литературными и справочными данными определенных физических величин.

Горные породы представляют собой сложную среду, состоящую из частиц (кристаллов, зерен) различных минералов. Минералы отличаются друг от друга не только по химическому составу, цвету, блеску, твердости и т.п., но и имеют разные диэлектрические свойства. По своим диэлектрическим характеристикам минералы можно условно отнести к трем группам: диэлектрики (алмаз, кварц, сера, полевые шпаты и др.), полупроводники (сульфиды, некоторые оксиды, графит, никелит и др.) и проводники (медь, золото, платина, железо) [12-15].

Эффективность воздействия электромагнитного поля на горную породу определяется, прежде всего, диэлектрическими свойствами

входящих в нее минералов, то есть комплексной диэлектрической проницаемостью:

$$\varepsilon = \varepsilon' - i \cdot \varepsilon'' \quad (1)$$

Действительная часть ε' определяет способность вещества к поляризации в электрическом поле, а мнимая ε'' – определяет диэлектрические потери (или рассеиваемую мощность) [4-5]. Различные значения диэлектрических потерь для минералов, составляющих горную породу, и будут определять неоднородность нагрева горной породы в целом.

В диэлектриках диэлектрические потери характеризуют тангенсом угла потерь $tg\delta$, связанные с мнимой частью диэлектрической проницаемости ε'' соотношением:

$$\varepsilon'' = \varepsilon' \cdot tg\delta \quad (2)$$

В проводниках и полупроводниках рассеиваемая мощность определяется удельной электрической проводимостью γ :

$$\gamma = \omega \cdot \varepsilon'' \cdot \varepsilon_0 \quad (3)$$

где $\omega = 2\pi f$, частота;

ε_0 – электрическая постоянная ($\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{Ф/м}$).

Мощность, выделяемая в единице объема вещества

$$P = \omega \cdot E \cdot 2\varepsilon'' \cdot \varepsilon_0 \quad (4)$$

где E – напряженность действующего поля.

Для минералов-диэлектриков удельная мощность равна

$$P = \omega \cdot E \cdot 2\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot tg\delta \quad (5)$$

в проводящих:

$$P = \gamma \cdot E^2 \quad (6)$$

Значения действительной ε' и мнимой ε'' частей диэлектрической проницаемости минералов определяются существующими механизмами поляризации. Для всех кристаллов характерна электронная поляризация.

Кристаллы, имеющие ковалентные связи, обладают только данным видом поляризации. Этим обусловлены их низкие значения $\varepsilon(2-3)$ и $tg\delta$ (10^{-4}) на всех частотах. В некоторых кристаллах (с ионными связями), помимо электронной, имеет место ионная поляризация и значения диэлектрической проницаемости более высокие (для флюорит $\varepsilon = 6,7$, для перовскита $\varepsilon = 150$). Однако диэлектрические потери продолжают оставаться малыми на всех частотах. Релаксационная поляризация имеет место в полярных диэлектриках, диэлектрические потери в них значительны ($tg\delta = 10^{-3}-10^{-2}$) [4, 10-14].

Основную долю диэлектрических потерь в минералах-проводниках приносит их электропроводность. Рассеиваемая мощность поля определяется формулой (6) и не зависит от ε [4, 12].

Минералы второй группы (полупроводники) являются рудными минералами, т. е. в их составе присутствуют один или несколько металлов. Эти минералы непрозрачные, с металлическим или полуметаллическим блеском, относительно хорошо проводят тепло и электричество. Хорошей поляризуемостью обладают пирит, халькопирит, сфалерит. Диэлектрические свойства таких минералов в микроволновом диапазоне до настоящего времени практически не исследовались [12, 16-17]. Для минералов-полупроводников значения потерь проводимости зависят от температуры и влажности. Так в случае увлажнения пористых минералов наблюдается рост проводимости и, как следствие, растут значения диэлектрической проницаемости и потерь. Многие горные породы представляют собой гетерогенные вещества, содержащие проводящие включения, проводимость одной из фаз приводит к возникновению миграционных диэлектрических потерь, зависящим от частоты. Обычно максимум миграционных потерь характерен для области низких частот, но для руд, имеющих сильно проводящие минералы, он оказывается в метровом или дециметровом диапазоне волн. В случае минералов, с анизотропией кристаллов, тангенс угла потерь зависит от кристаллографического направления. К тому же, наличие примесей также влияет на диэлектрические потери [12, 16-17].

Состав хвостов флотационного обогащения Южного Урала достаточно разнообразен и представляет собой продукты переработки медно-цинковых колчеданных, золото-сульфидных руд, руд бурых железняков [18-20].

В обогатительном процессе сульфидные и другие минералы механически и химически разрушаются, процесс продолжается и после складирования отходов. Вследствие этих процессов соотношение минеральных форм, морфометрические параметры и содержание металлов в лежалых хвостах значительно варьируются. В целом хвосты обогащения состоят из частиц различной крупности пустой породы, недоизвлеченных ценных минералов и воды. Наличие реагентов, остаточных металлов и

минералов, попадающих при разработке и обогащении в другую среду, провоцирует химические процессы в массивах хвостохранилищ. Присутствие окислителей и значительная дисперсность хвостов способствуют деструкции сульфидов, растворению и миграции металлов по массиву хранилища[20].

3. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

Были отобраны пробы отходов лежалых хвостов обогащения из четырех хранилищ, расположенных на территории республики Башкортостан. Ниже приведена краткая характеристика хранилищ.

Таблица 1

Элементный состав отходов из различных хранилищ

Элемент	Доля элементов от суммы детектированных, %				
	Проба №1	Проба №2	Проба №3	Проба №4	Проба №5
Fe	42,695	50,812	18,718	10,860	6,213
S	23,479	27,907	0,512	0,120	0,150
Si	15,143	10,457	41,127	51,190	56,112
Al	7,516	3,280	12,988	22,306	21,883
Ca	4,494	3,036	14,086	-	-
Ba	2,209	-	-	-	-
Mg	2,119	3,405	6,339	1,977	2,090
K	0,954	-	3,563	12,110	12,192
Zn	0,526	-	-	-	-
P	0,332	0,673	-	-	-
Cu	0,291	0,378	-	-	-
Pb	0,223	-	-	-	-
Ti	0,020	-	1,781	1,251	1,194
Sr	-	-	0,130	-	-
Mn	-	-	0,556	-	-
Cr	-	-	0,146	-	-
другие	-	0,052	0,054	0,186	0,166

Хранилище №1. Одно из крупнейших на Урале, имеет общий объем 25 млн.м³ и занимает площадь 113 га. Мощность уложенных хвостов флотационного обогащения медных и медно-цинковых руд достигла 25 м. Количество данных отходов превышает 55 млн.т, основная их масса (80 - 90 %) сложена частицами мельче 0,074 мм.

Хранилище №2. Общее количество хвостов флотационного обогащения медных и медно-цинковых руд, размещенных в данном хвостохранилище, составляет 42,2 млн. т.

Хранилище №3. Занимаемая площадь- 15,9га. Мощность отложений хвостов флотационного обогащения золото-сульфидных руд достигает 15 м. Накоплено свыше 6036,9 тыс.т отходов.

Хранилище №4. Складированы отходы вскрышных пород и флотационного обогащения бурых руд железняков. Площадь отвалов — 418 га, хвостохранилищ— 45 га. Всего накоплено более 185,4 млн. т вскрышных пород и отходов флотации. Были отобраны две пробы (№4 и №5) с разных отвалов хранилища.

В таблице 1 приведен элементный состав проб отходов, определенный методом рентгенофлуоресцентного (РФА) анализа на спектрометре EDX-800HS (Shimadzu, Япония) с родиевым катодом. Следует отметить, что представлена доля элементов от суммы детектированных элементов, без учета легких элементов. Расчет осуществлен методом фундаментальных параметров.

Минеральный состав хвостов обогащения определялся с помощью рентгеноструктурного анализа на дифрактометре XRD-6100 (Shimadzu, Япония) с медным катодом (таблица 2). Исследование структуры частиц анализируемых образцов выполнялось методом оптической микроскопии (микроскоп Nikon, Япония).

4. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По данным элементного и минерального анализов проб выявлено следующее. Для проб №1 и №2 наиболее массовыми элементами являются железо, сера, кремний, алюминий, кальций. Основным сульфидом хвостов является пирит, среди породных минералов преобладает кварц. Основным компонентом проб №3, №4, №5 является кварц, а к наиболее массовым элементам можно отнести кремний, алюминий, железо, калий и магний.

Анализ состава образцов хвостов обогащения (пробы №1 и №2) показал их некоторое различие по содержанию основных элементов и минералов, что обусловлено разнообразием колчеданных руд, а также различным сроком хранения.

Таблица 2

Минеральный состав отходов с различных хранилищ

Минеральный состав отходов флотации, %	Проба				
	№1	№2	№3	№4	№5
Пирит	30,2	60,6	0,3	1,2	1,7
Кварц	27,1	15	50,2	62,8	58,7
Доломит	13,70	7,9	16,7	0,8	3,6
Кальцит	4,2	1,9	2,2	0,7	1,1
Каолинит	16,8	5,1	3,4	9	8,2
Мусковит	1,4	0,2	10,8	13,9	18,9
Ангидрит	0,6		3,8	0,1	2,7
Гипс	–	–	–	–	0,4
Альбит .пол.шпат	2,4	4,8	6,7	6,2	–
Эпидот	0,9	2,6	3,3	0,5	0,8
Иллит	0,3	0,1	0,2	–	–
Микроклин к-Пол.шпат	–	0,3	–	4,8	3,9
Галит	2,2	–	–	–	–
Ортоклаз	0,2	0,4	–	–	–
Клинохлор	–	1,1	2,4	–	–

Оптическая микроскопия подтвердила сложность минерального состава данных отходов, рельефа поверхности частиц, морфометрические особенности, высокую дисперсность. Отходы имеют беспорядочную текстуру и средне- и мелкообломочную структуру. Размеры рудных включений варьируются от 2 до 170 мкм, из них более 75 % - мельче 44 мкм. Следует отметить, что по мере уменьшения крупности зерен полярность, диэлектрическая проницаемость и адсорбционная способность составляющих минералов, особенно имеющих более высокую ϵ , могут возрастать.

Тем не менее, исследование самих диэлектрических свойств отходов флотационного обогащения в микроволновом диапазоне является технически сложной задачей. Комплексная диэлектрическая

проницаемость таких отходов не поддается прямому измерению. Действительная и мнимая части комплексной диэлектрической проницаемости могут быть рассчитаны по измеряемым величинам путем привлечения соответствующей теории. Такими измеряемыми значениями могут быть коэффициент отражения и пропускания, тангенс угла потерь, угол Брюстера и др. В настоящее время существует большое разнообразие методов и приборов для определения комплексной диэлектрической проницаемости жидких, твердых (в том числе сыпучих) сред в диапазоне СВЧ-волн. Это резонансные, волноводные, квазиоптические и др. методы [15]. Однако каждый из этих методов предполагает исследование в основном однородных материалов и, как правило, диэлектриков. Исследуемые же нами смеси представляют собой сложную гетерогенную систему, что затрудняет определение электрофизических параметров.

Известно, что в статистических системах компоненты распределены хаотично и не образуют регулярных структур. для расчета диэлектрической проницаемости таких неупорядоченных в пространстве смесей предложено большое число формул, вывод которых основан на теоретических предпосылках и экспериментальных данных. Для случая статистической смеси из m компонентов применяется формула Лихтенеккера-Ротер, «логарифмический закон смешения» [21]:

$$\lg \varepsilon^* = \sum_{i=1}^{i=m} y_i \cdot \lg \varepsilon_i, \quad (7)$$

где ε^* – диэлектрическая проницаемость смеси,
 ε_i – диэлектрическая проницаемость i -го компонента,
 y_i – объемные содержания компонентов в смеси.

ак как отходы флотационного обогащения можно отнести к таким системам, то, используя значения диэлектрических проницаемостей минералов, входящих в состав каждого из рассматриваемых отходов, и их содержание в смеси (таблица 2), можно приближенно определить ε^* . Полученные значения диэлектрической проницаемости для каждой пробы отходов флотационного обогащения представлены в таблице 3.

Таким образом, учитывая литературные и полученные данные можно предположить, что в такой среде как изучаемые отходы флотационного обогащения, возможно заметное поглощение электромагнитного излучения.

Таблица 3

Рассчитанные значения диэлектрической проницаемости отходов с различных хранилищ

	Проба				
	№1	№2	№3	№4	№5
Диэлектрическая проницаемость смеси, ϵ^*	8,2-14,2	15,5-30,0	4,3-6,0	3,9-5,8	4,1-5,9

Однако для достоверной оценки возможности вовлечения хвостов флотационного обогащения в процессы переработки необходимо экспериментальное подтверждение эффективности диссипации СВЧ-энергии в таких сложных минеральных структурах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году». М.: Минприроды России; НПП «Кадастр». 2018. 888 с.
2. Об экологической ситуации на территории Республики Башкортостан в 2017 году: гос. докл. Министерства природопользования и экологии Республики Башкортостан - Уфа. 2018. 165с.
3. Абдрахманов Р.Ф, Ахметов Р.М., Батанов Б. Н. Геоэкология Башкирского Зауралья. Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: мат-лы X Межрегион. научн.-практ. конф. Уфа. 2014. С.210-213.
4. Рахманкулов Д.Л., Бикбулатов И.Х., Шулаев Н.С., Шавшукова С.Ю. Микроволновое излучение и интенсификация химических процессов: Монография. М.: Химия. 2003. 220с.
5. Даминев Р.Р., Бикбулатов И.Х., Шулаев Н.С., Рахманкулов Д.Л. Гетерогенно-каталитические промышленные процессы под действием электромагнитного излучения СВЧ-диапазона: Монография. М.: Химия. 2006. 144 с.
6. Бахонин А.В., Бахонина Е.И., Чариков П.Н. Разработка конструкций аппаратов для массообменных процессов с использованием сверхвысокочастотного электромагнитного излучения: Монография. Уфа: Нефтегазовое дело. 2016. 106 с.
7. Рахманкулов Д. Л., Шавшукова С. Ю., Вихарева И. Н. Опыт применения энергии микроволн в горном деле. Башкирский химический журнал. 2008. Т.15. №2. С.114-118.

8. Бахонина Е.И., Бикбулатов И.Х., Имашев У.Б., Закирьянов Д.И. Возможность твердофазного спекания флотационных отходов золотодобычи в СВЧ-поле. *Фундаментальные исследования*. 2014. № 9 (ч. 12). С.2609-2615.
9. Andriese M.D., Peng Zh. Liberation of Metallic-Bearing Minerals from Host Rock Using Microwave Energy. *Coll. of presentations 3rd International Symposium on High-Temperature Metallurgical Processing*. 2012. P. 383-390. DOI:10.1002/9781118364987.ch47.
10. Lovás M., Znamenáčková I., Zubrik A., Kováčová M. and Dolinská S. The Application of Microwave Energy in Mineral Processing – a Review. *Acta Montanistica Slovaca*. 2011.16 (2). P.137-148
11. Pickles C.A. Microwaves in extractive metallurgy: Part 1 – Review of fundamentals. *Minerals Engineering*. 2009. V.22, Iss.13. P.1102-1111. DOI.org/10.1016/j.mineng.2009.02.015
12. Власова С.В., Елина Е.В., Петров В.М. К вопросу о диэлектрических свойствах некоторых минералов. // *Наука и образование XXI века*. http://www.rusnauka.com/26_OINXXI_2009/Phisica/52422.doc.htm
13. Sirdeshmukh D.B., Sirdeshmukh L., and Subhadra K.G. *Micro- and Macro-Properties of Solids. Thermal, Mechanical and Dielectric Properties*. Springer Series in materials science. 2006. V. 80. 404 p. DOI: 10.1007/3-540-31786-4
14. Manoj Gupta, Wong Wai Leong Eugene. *Microwaves and Metals*. John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd. 2007. 228 p.
15. Тихонов В.В., Боярский Д.А., Полякова О.Н., Гольцман Г.Н., Дзарданов А.Л. *Лабораторные исследования радиофизических и диэлектрических свойств минералов и горных пород в микроволновом диапазоне*. Москва. ИКИ РАН. 2011. 40 с.
16. *Петрофизика: Справочник*. В трех книгах. Книга первая. Горные породы и полезные ископаемые/под ред. Н.Б.Дортман. М.: Недра. 1992. 391с.
17. *Справочник физических констант горных пород*. Под ред. С. Кларка. М.: Мир, 1969. 544 с.
18. *Полезные ископаемые республики Башкортостан (железные руды) / Д.Н. Салихов, С.Г. Ковалев, Н.Н. Ларионов, Г.И. Беликова*. – Уфа: Гилем, 2008. 148с.
19. Хамитов Р. А., Чернов А. Л., Гуфранов Р. А., Осипова Е. Н. *Минерально-сырьевая база республики Башкортостан. Проблемы и перспективы развития*. Управление по недропользованию по Республике Башкортостан. 2008. С.4-10
20. Горбатова Е.А. *Минералого-технологическая оценка отходов обогащения колчеданных руд Южного Урала*. Дис...докт.геол.-мин.наук.-Магнитогорск: Магнитог. гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова. 2013.210с.

21. Тареев Б.М. Физика диэлектрических материалов. М.: Энергоиздат, 1982 г. - 320 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Бахонина Елена Игоревна, к.т.н., доцент кафедры «Промышленная безопасность и охрана труда», г. Уфа, Уфимский государственный нефтяной технический университет, 450062, ул. Космонавтов, 1. Email: helenabaho@mail.ru.

Васильев Андрей Витальевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Химической технологии и промышленной экологии», Самарский государственный технический университет, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244. Email: avassil62@mail.ru.

УДК 331.45

СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

В.А. Васильев, М.А. Кривова, Е.В. Романцова
Самарский государственный технический университет, г. Самара

АННОТАЦИЯ

Разработана система организационного управления экологией (СОУЭ) предприятия, являющаяся составной частью автоматизированной системы управления (АСУ), которая позволяет повысить эффективность управления экологией, расходования средств, освободить время у соответствующих специалистов, сократить время на разработку экологических мероприятий.

Ключевые слова: Автоматизация, управление, база данных, мероприятия, развитие, мониторинг, задача, персонал, документ.

Автоматизированная система организационного управления СОУЭ (АСУ СОУЭ) предназначена для автоматизации управления работой по анализу и управлению СОУЭ на всех уровнях [1, 5, 6].

Цели создания системы [2]:

- 1) повышение эффективности управления СОУЭ за счет обеспечения полноты и достоверности оперативной и итоговой информации о состоянии СОУЭ, информационной поддержки принятия решений, автоматизации функции учета, анализа, прогнозирования, планирования и контроля;
- 2) повышение эффективности расходования средств, выделяемых на СОУ;
- 3) высвобождение времени у специалистов по СОУЭ при внедрении автоматизированной обработки документов;
- 4) сокращение сроков на разработку мероприятий по оптимизации СОУЭ.

Как и любая крупная АСУ, система АСУ СОУЭ состоит из большого числа составляющих. АСУ СОУЭ включает в себя целый ряд функциональных комплексов задач, подсистему для формирования и ведения централизованных специфичных для СОУЭ отраслевых справочников и классификаторов, подсистему связи с другими АСУ, сервисные подсистемы и специальное программное обеспечение.

Функциональная часть системы АСУ СОУЭ (программы, предназначенные непосредственно для автоматизации производственных функций основных пользователей АСУ) состоит из следующих блоков комплексных задач [3]:

- информационно - справочная база отраслевых нормативно-правовых документов;
- комплекс задач по учету мероприятий по оптимизации СОУЭ;
- комплекс задач по прогнозу развития СОУЭ по различным видам классификации;
- комплекс задач по формированию, мониторингу выполнения планов организационно - технических мероприятий по СОУЭ;
- комплекс задач по учету и мониторингу проверки выполнения мероприятий по СОУЭ;
- комплекс задач по ситуационному анализу и оценке эффективности работы подразделений по реализации СОУЭ.

Взаимосвязь АСУ СОУЭ и АСУ предприятия показана на рисунке 1. АСУ СОУЭ взаимодействует с базами данных (БД) предприятия, запрашивая из них информацию по нормативно-справочным документам, персоналу и др.

В то же время она имеет специализированные БД, в которых хранятся данные по мероприятиям, планам, прогнозам и статистика СОУЭ. Руководители различного ранга со своих рабочих станций имеют доступ к БД СОУЭ для мониторинга ее управления, получения статистической информации и т.п.

Каждый функциональный комплекс задач имеет специфические функции.

Информационно - справочная база, согласованная с БД предприятия и функционирующая в составе подсистемы поиска и представления информации, предназначена для автоматизации создания и работы с ведомственной нормативно-правовой и справочной информацией, которая необходима для управления системой СОУЭ и должна обеспечивать выполнение следующих функций [4]:

- организацию единой распределенной многоуровневой базы данных нормативных документов по СОУЭ;
- организацию свободного доступа пользователей (с учетом их полномочий) к нормативной базе документов;
- автоматизацию ввода и поддержания в актуальном состоянии нормативных документов в базе данных;
- автоматизацию обязательного ознакомления соответствующих должностных лиц с нормативными документами или изменениями в них.

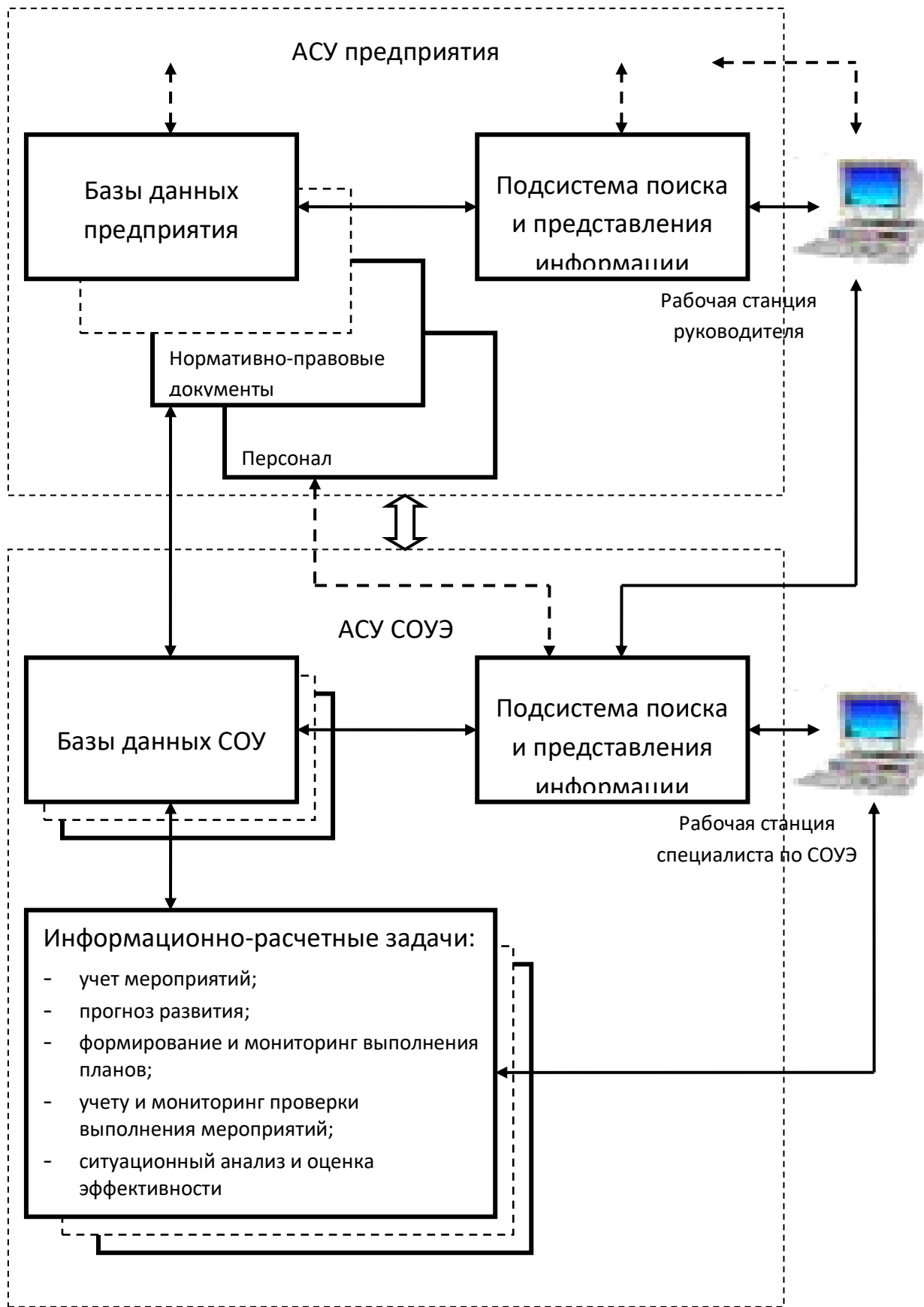


Рисунок 1 - Взаимосвязь АСУ СОУЭ и АСУ предприятия

В базе данных предусмотрены следующие документы [4]:

- отраслевые стандарты;
- стандарты предприятий;
- постановления;
- положения;
- приказы;
- правила, инструкции и т.д.

Обеспечена возможность разработки новых документов и внесения необходимых изменений в уже действующие; просмотра информации из баз данных; формирования и вывода информации о составе, характеристиках и содержании имеющихся в базе данных документах.

Комплекс задач анализа развития СОУЭ использует экспертные оценки и эвристические методы.

Комплекс задач формирования и мониторинга выполнения планов организационно-технических мероприятий предназначен для автоматизации планирования, формирования и контроля мероприятий по СОУЭ и включает в себя задачи:

- планирование мероприятий, предусмотренных программами, годовыми планами по повышению эффективности СОУЭ;
- контроль за ходом выполнения программ и планов;
- контроль за выполнением нормативного участия в работе по СОУЭ руководящих работников отрасли и предприятий;
- формирование и контроль выполнения оперативных мероприятий по СОУЭ;
- формирование отчетности по выполнению плана; подготовку сводных материалов по СОУЭ к селекторным совещаниям и другим предприятиям.

Комплекс задач по анализу эффективности работы подразделений по СОУЭ предназначен для проведения анализа эффективности работы подразделений путем расчета интегральной оценки деятельности подразделений всех уровней согласно принятому алгоритму и утвержденным показателям работы.

АСУ СОУЭ ориентирована на применение стандартных технических средств и использованного в АСУ стандартного общесистемного программного обеспечения серверов, ПЭВМ пользователей и сети передачи данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кривова М.А., Яговкин Н.Г. Системный подход к формированию организационной структуры управления промышленной безопасностью предприятий нефтегазового комплекса. Проблемы и методы обеспечения надежности и безопасности систем транспорта нефти, нефтепродуктов и

газа. Проблемы и методы рационального использования нефтяного попутного газа: Мат. науч.-практ. конф. 26 мая 2010 г. – Уфа: ГУП ИПТЭР, 2010. – С.311-312.

2. Батищев В.И., Яговкин Н.Г. Методология поддержки принятия решений при управлении интегративными крупномасштабными производственными системами. – Самара: Российская Академия наук, Самарский научный центр, 2008. – 288с.

3. Кривова М.А., Яговкин Н.Г. Модель совершенствования функционирования системы управления охраной труда. Материалы за 7-а международна научна практична конференция, «Ключови въпроси в съвременната наука», 2011. Том 39. Технологии. – София: «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2011. – С.82-85.

4. Кривова М.А., Мельникова Д.А., Яговкин Н.Г. Проектирование информационных систем управления профессиональными рисками. ELPIТ-2013. Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов: сб. тр. IV Межд. экологического конгресса (VI Межд. науч.-техн. конф.) 18-22 сентября 2013 г., Т.5 – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. – С.201-205.

5. Васильев А.В. Повышение безопасности жизнедеятельности информационно-программными методами. Автотракторное электрооборудование. 2004. № 11. С. 34-37.

6. Vasilyev A.V. Method and approaches to the estimation of ecological risks of urban territories. Safety of Technogenic Environment. 2014. № 6. С. 43-46.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Васильев Владислав Андреевич, аспирант кафедры «Безопасность жизнедеятельности», Самарский государственный технический университет, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244. Email: vladvas93@mail.ru

Кривова Маргарита Андреевна, старший преподаватель кафедры «Безопасность жизнедеятельности», Самарский государственный технический университет, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244. Email: bjd@list.ru

Романцова Екатерина Валентиновна, аспирант кафедры «Безопасность жизнедеятельности», Самарский государственный технический университет, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244. Email: bjd@list.ru

УДК 628.3:674.05

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ОТРАБОТАННОЙ ЩЕЛОЧИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА СТОКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

Н.Н.Опарина, В.В. Заболотских

Самарский государственный технический университет, г.Самара

АННОТАЦИЯ

Цель работы: экспериментально обосновать наиболее эффективный метод обезвреживания отработанной щёлочи перед выпуском в биологические очистные сооружения. На основе анализа существующих методов обезвреживания отработанной щёлочи выбран как наиболее доступный и перспективный метод окисления щелочных отходов кислородом воздуха. Лабораторные опыты по очистке отработанной щелочи от токсичных компонентов проводились путем окислением кислородом воздуха при повышенной температуре и при атмосферном давлении. Результаты опыта показали, что выбранный метод очистки подходит для отработанной щелочи с низким содержанием сульфидов и фенолов. Внедрение предложенной технологии на предприятии позволит сократить платежи за сбросы загрязняющих веществ в водный объект и предотвратить экономический ущерб окружающей среде.

Ключевые слова: отработанная щелочь, обезвреживание, биологическая очистка, окисление

Предприятия нефтепереработки и нефтехимии являются источником образования крупнотоннажных отходов отработанной щелочи. На АО «Сызранский НПЗ» отработанная щелочь является крупнотоннажным промышленным отходом, возникающим, как побочный продукт производства. Отработанная щелочь с технологических установок содержит в себе ряд вредных загрязнителей, таких как сульфиды и гидросульфиды, меркаптиды, феноляты, которые имеют повышенную токсичность. Для обезвреживания данного продукта, с целью предотвращения попадания таких веществ в атмосферу, сброс в канализацию или в водоем, исследован его состав, проведены лабораторные опыты по очистке и исследованы современные способы по утилизации отработанной щелочи.

С каждым годом требования к сбросам загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты ужесточаются. Поэтому на

АО «СНПЗ» необходимо снизить содержание вредных веществ в сточных водах и отработанной щелочи за счет дополнительных технологий.

На Сызранском нефтеперерабатывающем заводе, образующаяся при промывке сырья в щелочном растворе отработанная щелочь, складывается в резервуарах №21-24. Для того, чтобы утилизировать щелочь в биологической очистке вместе со сточными водами, ей необходимо освободиться от ядовитых компонентов. Нормы для сточных вод на входе в биологическую очистку (БОС) на АО «Сызранский НПЗ» представлены в таблице 1.

Таблица 1

Нормы для биологической очистки стоков

Наименование показателя				
Водородный показатель, ед. рН	Сульфиды, мг/дм ³	Фенолы, мг/дм ³	Азот аммонийный, мг/дм ³	Хлориды, мг/дм ³
7,0-8,5	15	10	не более 30	не нормируется

Содержание вредных примесей в отработанной щелочи с разных установок приведено в таблице 2.

На основе анализа существующих методов обезвреживания отработанной щёлочи выбран как наиболее доступный и перспективный метод окисления щелочных отходов кислородом воздуха. Лабораторные опыты по очистке отработанной щелочи от токсичных компонентов проводились путем окислением кислородом воздуха при повышенной температуре и при атмосферном давлении.

Таблица 2

Показатели содержания примесей в щелочи с установок

Место отбора пробы	Наименование показателя				
	Водородный показатель, ед. рН	Сульфиды, мг/дм ³	Фенолы, мг/дм ³	Азот аммонийный, мг/дм ³	Хлориды, мг/дм ³
ГФУ (Е-15а)	>12	19750	22,0	4992	878
Изомеризация (Е-520)	>12	0,22	0,5	менее 0,039	78271
Резервуары №21,22	>12	3200	2225	83	512

Методы анализов, которые применялись в опыте:

- Определение pH универсальной индикаторной бумагой ТУ 2642-054-23050963-2008;
- Определение сульфидов и фенолов по методическому руководству анализу сточных вод нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов;
- ПНД Ф 14.1: 2:3.1-95;
- ПНД Ф 14.1: 2:3.96-97.

Ход работы заключался в следующем: в термостатируемую баню 3 помещается склянка Дрекселя 2 с отработанной щелочью объемом 100 см³ и нагревается до 100°C. В склянку 2 через реометр 1, с расходом 18 л/мин, подается кислород воздуха.



Рисунок 1 – Схема установки окисления отработанной щелочи кислородом воздуха с последующей адсорбцией активированным углем: 1 - Реометр-расходомер, 2,4,5 - склянка Дрекселя, 3 - термостатируемая баня, 6 - штатив.

Выделяющиеся при повышении температуры газы уносятся потоком воздуха в предохранительную склянку 4, а затем в адсорбер-поглотитель 5, заполненный активированным углем. Схема лабораторной установки представлена на рисунке 1.

Результаты лабораторного эксперимента по очистке и обезвреживанию щелочных отходов представлены в таблице 3.

Результаты опыта показали, что данный метод очистки подходит для отработанной щелочи с низким содержанием сульфидов и фенолов. В продукте Е-520 с установки ПГИ-ДИГ уменьшилось содержание сульфидов на 77,3% и фенолов на 20%. У отработанной щелочи с высоким

содержанием вредных примесей уменьшается содержание азота аммонийного: в резервуарах №21,22 на 30,1% и в ГФУ (Е-15а) на 21,9%. Также стоит отметить, что эффективность очистки могла быть выше, если бы отработанную щелочь подвергали окислению кислородом при давлении выше атмосферного (от $60 \cdot 10^5$ Па до $200 \cdot 10^5$ Па). Но так как лабораторный опыт невозможно провести при повышенном давлении, опыт был проведен при атмосферном.

Таблица 3

Точки отбора проб на установках и их показатели

Место отбора пробы		Наименование показателя				
		Водородный показатель, ед. рН	Сульфиды, мг/дм ³	Фенолы, мг/дм ³	Азот аммонийный, мг/дм ³	Хлориды, мг/дм ³
Норма для БОС		7,0-8,5	15	10	не более 30	не нормируется
ГФУ (Е-15а)	до	>12	19750	22,0	4992	878
	после	>12	19560	20,7	3900	853
	Эффективность, %	0	0,96	5,91	21,88	2,85
ПГИ-ДИГ (Е-520)	до	>12	0,22	0,5	менее 0,039	78271
	после	>12	менее 0,05	0,40	менее 0,039	76357
	Эффективность, %	0	77,27	20,00	0	2,45
Резервуар №21,22	до	>12	3200	2225	83	512
	после	>12	3150	2190	58	500
	Эффективность, %	0	1,56	1,57	30,12	2,34

Для улучшения очистки отработанной щелочи или сернисто-щелочных сточных вод (СЩС) данным методом, возможно применение катализатора металлфталоцианина в массе полимера (катализатор серии КСМ). В присутствии катализатора КСМ процесс очищения отработанной щелочи или СЩС возможен при $60\div 90^{\circ}\text{C}$ и давлении до 0,5 МПа, что позволяет сократить расходы на тепло и электроэнергию.

В СЩС концентрация сульфидной серы до очистки в среднем составляет до 50000 мг/дм³ (5,0% масс.), а меркаптидной серы – до 0,2÷8,0%масс. Остаточное содержание сульфидной и меркаптидной серы в обезвреженных СЩС после очистки катализатором и кислородом воздуха составляет не более 50,0 мг/дм³ (0,005% масс.).

Катализатор был впервые внедрен в конце 1985г. на Новокуйбышевской нефтехимической компании (АО «НК Роснефть») для очистки СЩС и Московском нефтеперерабатывающем заводе для очистки смеси СЩС и технологических конденсатов. Метод гетерогенно-каталитического обезвреживания СЩС на катализаторе КС состоит в окислении кислородом воздуха сульфида натрия, а меркаптидов натрия – в органические дисульфиды, нерастворимые в СЩС и отделяемые от стоков отстаиванием в нефтеловушках. Схема установки представлена на рисунке 2.

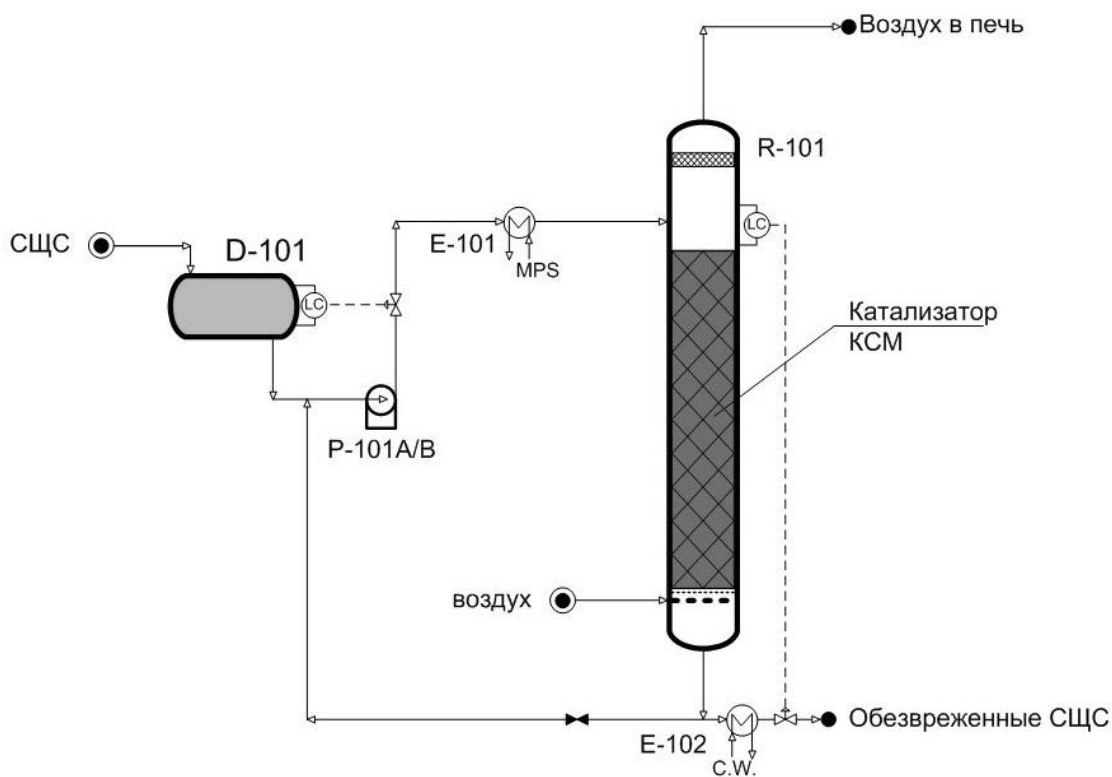


Рисунок 2 – Принципиальная схема обезвреживания СЩС (сернисто-щелочных сточных вод) в присутствии катализатора КСМ

Испытания, проведенные на опытной установке с применением катализатора доказали, что почти полностью исключается выброс токсичного SO₂ в атмосферу, в процессе обезвреживания СЩС около 80% сульфида натрия окисляется в тиосульфат натрия, а 20% окисляется в сульфат натрия. Окисленные стоки в отличие от исходных не имеют неприятного запаха сероводорода и меркаптанов.

Внедрение предложенной технологии на предприятии (окисление кислородом воздуха при повышенном давлении с применением катализатора КСМ) позволит сократить платежи за сбросы загрязняющих веществ в водный объект и предотвратить экономический ущерб окружающей среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахметов А.Ф., Красильникова Ю.В. // Башкирский химический журнал. 2011. Т. 18. № 2. С. 93.
2. Суханов А.А., Петрова Ю.Э. // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2009. Т. 4. № 1. С. 13.
3. Ахметов С.А., Технология глубокой переработки нефти и газа: Учебное пособие для вузов. Уфа: Гилем. 2002. С. 672.
4. Ахметов С.А. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа: Учеб. пособие. СПб.: Недра. 2006. 868 с.
5. Мусина Н.С., Разработка способов определения элементного и углеводородного состава тяжелых нефтяных остатков: автореф. дисс. канд. хим. Наук: 02.00.02.
6. Кадиев Х.М., Хаджиев С.Н. Способ гидрогенизационной переработки тяжелых нефтяных остатков. Пат. РФ № 2400525. 2010. Москва: ГЕОХИ РАН. 2014. С. 26.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Опарина Надежда Николаевна – студентка кафедры «Химическая технология и промышленная экология», Самарский государственный технический университет, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244. Email: ecology@samgtu.ru

Заболотских Влада Валентиновна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Химическая технология и промышленная экология», Самарский государственный технический университет, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244. Email: ecology@samgtu.ru

УДК 546.3

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ - БОЛЬШАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

А. В. Храмов¹, Л. В. Контрош², О. И. Шумилов³, Е.А. Касаткина³

¹Балтийский государственный технический университет
«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург

²Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург

³Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского
научного центра РАН, г. Апатиты

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается актуальная проблема применения редкоземельных элементов в различных сферах жизни людей. Рассмотрено возможное влияние редкоземельных элементов на здоровье человека. Проведен обзор исследования токсичности редкоземельных элементов. Также рассмотрены источники проникновения редкоземельных элементов в организм человека. Их широкое использование увеличивает вероятность попадания этих элементов во внутреннюю среду с аэрозолями и пищевыми продуктами. Особое внимание в статье уделено возможной аккумуляции редкоземельных элементов с последующей заменой полезных биоэлементов в организме человека. Рассмотрены основные органы-мишени воздействия редкоземельных элементов. Показана зависимость токсичности редкоземельных элементов от пути их попадания в организм и от химического состава таких соединений. Приведены научные данные о токсичности таких редкоземельных элементов как: гадолиний, иттрий, скандий, лантан, церий. Проанализированы научные работы о возможности использования биотестирования как метода определения токсичности редкоземельных элементов.

Ключевые слова: редкоземельные элементы, токсичность, биоэлементы, аккумуляция лантоноидов, лантан, гадолиний, иттрий, церий, скандий.

1. ВВЕДЕНИЕ

Месторождения Кольского полуострова называются «Редкоземельным Клондайком», так как там сосредоточена большая часть российских балансовых запасов этих металлов. Уникальная хибинская группа апатит-нефелиновых месторождений составляет около 40%

балансовых запасов страны. Россия на данный момент не воспользовалась этими возможностями, но уже получила большую экологическую проблему. Города Мурманской области Апатиты и Кировск расположены на территории локального сосредоточения горнодобывающей промышленности. Между ними расположен крупнейший в России апатит-нефелиновый завод АНОФ-2, общая площадь хвостохранилищ которого составляет 7,8 км². Ежегодно туда поступает более 6 млн. м³ обогащенных хвостов, а их объем с начала эксплуатации составляет 637,3 млн. м³. Отходы предприятия на 85-90% представлены мелкой фракцией апатит-нефелиновых песков (0,05-0,25 мм) и в сухом виде при скорости ветра 4-6 м/с пыль летит на десятки километров от источников выбросов. В атмосферу ежегодно попадает и переносится около 250 тонн этой пыли [1]. Содержание редкоземельных металлов (РЗМ) в такой пыли всего около 0,4% [2, 3, 4]. Но, учитывая огромное количество хвостов, речь идет о миллионах тонн РЗМ. Проблема усугубляется нарастающим количеством кислотных дождей в данном регионе. Многие РЗМ легко растворимы в серной кислоте [5], и позднее эти соединения попадут в подземные и открытые водоемы. Отметим, что именно РЗМ представляют повышенную опасность в кислой среде [6]. Оценка промышленного значения хвостохранилищ, содержащих РЗМ, не входила в нашу задачу. Биологическая роль РЗМ, их токсические и фармакологические эффекты на протяжении многих лет оставались в тени информации.

Долгое время элементы этой группы считали малотоксичными и даже использовали как стимуляторы роста растений или животных. Например, под действием таких элементов, как лантан, самарий, неодим, сокращается вегетационный период растений на 10-15 дней, увеличивается всхожесть семян и урожайность гороха, пшеницы, сахарной свеклы, улучшается качество пищевых и кормовых культур. Химические соединения лантана и других РЗМ катализируют фиксацию атмосферного азота азотобактером в зернобобовых культурах, метаболизм азота усиливается, они участвуют в процессе накопления гумуса [7, 8, 9]. Наиболее широко используются РЗМ в сельском хозяйстве Китая. По данным литературы, в этой стране в 2002 году на удобрения и стимуляторы роста было внесено не менее 5200 тонн РЗМ [10]. Загрязнение окружающей среды РЗМ в связи с деятельностью горнодобывающей промышленности и применением минеральных удобрений, содержащих лантаноиды, вызывало беспокойство китайских исследователей [11]. Они сообщают об увеличении накопления РЗМ в сельскохозяйственных культурах и организме человека, но пока не считают эти последствия опасными. Однако подчеркивается потенциальная опасность накопления лантаноидов в живых организмах и необходимость мониторинга таких процессов.

На самом деле, редкоземельные элементы не редкость с точки зрения рудного сырья, например, они превышают свинец в 10 раз по общей распространенности. Однако ни один из 17 РЗМ не является биоэлементами. Это вызывает опасение, так как к последним (включая ультра-микроэлементы) относится около половины природных элементов [12].

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Количественное содержание и биологическая роль химических элементов обратно пропорциональны их серийным номерам. Поэтому в основе человеческого тела лежат элементы первых четырех периодов Периодической системы. В основном это р-элементы (С, О, N, P, S, Cl) и s-элементы (H, Na, K, Ca, Mg). Большинство элементов 5-го, 6-го и 7-го периодов являются чужеродными и очень токсичными для организма (Hg, Ag, Cd, Sr, Ba, Tl, Pb, Sn) [13]. Именно к 6-му периоду принадлежит большая часть РЗМ. Соединения РЗМ подгруппы Y (Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Sc, Y) более токсичны, чем соединения подгруппы Ce (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm). Оксиды менее токсичны, чем соли соответствующих металлов.

Если в естественных условиях РЗМ могут проникать в организм только в небольших количествах через грунтовые воды и атмосферу, то их широкое использование увеличивает вероятность попадания этих элементов во внутреннюю среду с аэрозолями и пищевыми продуктами [14]. В настоящее время считается, что РЗМ не являются металлами, которые абсолютно необходимы для жизни на Земле, и тем более они не являются «металлами смерти» - высокоактивными ядами [15, 16].

Тем не менее, экологи были обеспокоены безопасностью широкого распространения РЗМ во внешней среде и их возможной кумуляции в живых организмах [12]. Токсичность редкоземельных металлов очень зависит от того, как они попадают в организм, и от химического состава таких соединений [17]. По химическим и, как можно предположить, биологическим свойствам РЗМ наиболее близки к алюминию, токсичность которого изучена гораздо лучше. Алюминий является одновременно ультра-микроэлементом и токсичным металлом. Его нейротоксические свойства (например, способность вызывать болезнь Альцгеймера) хорошо известна, а эффекты могут проявиться спустя десятилетия. Однако пищеварительная система человека не усваивает этот элемент сверх необходимого, и длительное применение препарата Альмагель (гидроксид алюминия) пациентами с язвенной болезнью не приводит к повышению уровня алюминия в организме. Мы до сих пор не знаем, являются ли эти модели типичными для РЗМ. Согласно [18], относительная токсичность

катионов (при введении в форме раствора хлорида) является следующей (таблица 1).

Таблица 1

Относительная токсичность некоторых катионов

№ п/п	Элемент	LD50*	Относительная токсичность
1.	Натрий	44,5	1
2.	Алюминий	0,80	56
3.	Иттрий	0,66	67
4.	Скандий	0,62	72
5.	Лантан	0,42	106
6.	Кадмий	0,03	1349
7.	Индий	0,022	1824
8.	Меркурий	0,019	2283

Согласно [19], ЛД₅₀ всей группы РЗМ, когда он попадает в желудочно-кишечный тракт, колеблется в пределах 315-585 мг/кг. В дополнение к острым эффектам РЗМ характерны тяжелые отсроченные проявления их токсичности. Из редкоземельных элементов самая низкая острая токсичность характерна для группы иттербия. Редкоземельные элементы, расположенные над и под ним в периодической таблице, являются более токсичными. Наиболее токсичными являются нитраты и сульфаты РЗМ.

РЗМ плохо всасываются желудочно-кишечным трактом [20-23]. Основная часть РЗМ совсем не абсорбируется, но отмечается их накопление в печени, почках, костях и зубах после перорального приема [24, 25]. Эти результаты указывают на минимальное поглощение органами РЗМ после перорального введения, однако они часто выделяются очень медленно в течение нескольких лет.

В кровотоке связывание РЗМ происходит, прежде всего, при высоких физиологических концентрациях фосфатов и карбонатов, образовании и осаждении их нерастворимых соединений (в том числе гидроксидов). Осажденные соединения с РЗМ составляют основную

мишень для клеток ретикулоэндотелиальной системы и, следовательно, поглощаются фагоцитарными клетками. Обратите внимание, что ретикулоэндотелиальная система является важной частью иммунитета.

Когда РЗМ попадают в легкие в виде пыли и аэрозолей, большинство из них, подобно алюминию, приводят к развитию фиброзирующего альвеолита и пневмокониоза (металлокониоза). В качестве известного проявления специфического действия РЗМ на органы дыхания можно считать изменения в легких, выявленные рентгенологически, сходные с картиной мелкозернистого пневмокониоза I и II степени (и, по мнению некоторых авторов, это он и есть) у рабочих после вдыханию церийсодержащей пыли. В то же время результаты, полученные разными авторами, часто противоречивы, что, скорее всего, связано с различными характеристиками аэрозольных частиц [9, 26]. Весь этот блок научной информации в настоящее время пересматривается в связи с более активным использованием РЗМ в форме наноматериалов. Токсичность наночастиц для организма часто выше, чем для вдыхаемой респираторной пыли (1–5 мкм) [27–29].

В хвостах АНОФ-2 в наибольшем количестве среди лантаноидов обнаружены лантан, церий, неодим и, в меньших количествах, индий, гадолиний и другие. Что известно о токсичности этих элементов?

Лантан. Он считается нетоксичным и пригодным для фармакологии [30]. Например, препарат Эплан [31] представляет собой буферный раствор комплексных соединений лантана и является эффективным средством для локальной обработки раневых поверхностей. Также имеются данные об эффективности и безопасности применения ацетата лантана для профилактики и фармакотерапии заболеваний почек. Лантан также считается прекрасным удобрением [7].

В то же время сообщается, что лантан опасен в рабочей среде из-за вдыхания аэрозолей. Это может привести к легочной эмболии, особенно при длительном воздействии. Лантан также увеличивает вероятность рака легких при вдыхании. Наконец, это может представлять угрозу для печени, когда лантан накапливается в организме человека.

Также лантан вызывает повреждение клеточных мембран, что негативно сказывается на воспроизводстве и функциях нервной системы. Итак, лантан следует относить к классу высокотоксичных ионов металлов, которые потенциально опасны для микроорганизмов и высших организмов. Сообщалось также о генной токсичности лантана (III) в лимфоцитах периферической крови человека [32]. Было отмечено неблагоприятное влияние лантана на репродуктивную функцию животных [33]. Описано токсическое воздействие низких концентраций лантана на живые организмы при загрязнении окружающей среды [6, 34]. Отмечено токсическое воздействие низких концентраций лантана на живые организмы при загрязнении окружающей среды. Было показано, что

лантан может воздействовать на почвенные экосистемы в концентрациях, немного превышающих естественные фоновые уровни (6,6-50 мг La/кг сухой почвы) на незагрязненных почвах [34].

Неодим. Данный элемент является менее токсичным элементом, чем многие другие редкоземельные металлы, что также позволило использовать его в сельском хозяйстве Китая. Однако повреждающий эффект пылевых частиц этого элемента значительно возрастает с уменьшением размера этих частиц [35-37]. Сообщается, что 14-дневная внутрибрюшинная инъекция 20 мг/кг $NdCl_3$ вызывает токсическое повреждение мозга [38]. После 30-дневного повторного перорального введения $NdCl_3$ мышам в дозе 20 мг/кг клеточный и гуморальный иммунитет блокируется и наблюдается повреждение печени [39].

Церий. Ингаляционный эффект церия, по мнению ряда исследователей, приводит к развитию пневмокониоза и фиброзирующего альвеолита [40-42].

При этом в некоторых работах его токсичность отрицается [43]. Отметим, что все авторы уделяют особое внимание именно наночастицам оксида церия. Был также использован метод биотестирования [44].

Гадолиний - лантаноид, используемый в составе контрастных веществ для МРТ, благодаря своим парамагнитным свойствам и получаемой в результате способности изменять время релаксации протонов водорода в молекулах воды, тем самым обеспечивая контраст при визуализации тканей. Однако свободный гадолиний обладает высокой токсичностью для тканей. Гадолиний является мощным ингибитором ретикулоэндотелиальной системы. Хлорид гадолия накапливается в лизосомах клеток Купфера, подавляя их способность к фагоцитозу и вызывая их гибель. Наиболее выраженные острые токсические эффекты свободного гадолия наблюдаются в печени и почках. После ввода свободного гадолия накапливается в печени и костях. В 1996 году было опубликовано первое доказательство того, что гадолинийсодержащие контрастные вещества не токсичны для почек. После этого врачи стали их использовать у пациентов с пониженной функцией почек, постепенно отказываясь от применения йодсодержащих препаратов. К сожалению, оказалось, что соединения гадолия вызывают нефрогенный системный фиброз. И это не единственный случай недооценки токсичности РЗМ [45-48].

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Авторы всех научных работ в этом направлении единодушно подтверждают, что данные о токсичности редкоземельных металлов совершенно неадекватны для оценки их экологической опасности. Чтобы оценить потенциальную угрозу шести миллионов тонн редкоземельных

металлов, находящихся в хвостохранилище АНОФ-2, необходимы специальные исследования, включая определение содержания редкоземельных металлов в организме детей в Апатитах и токсичности смеси редкоземельных металлов путем биотестирования.

Ни один из семнадцати редкоземельных металлов не относится к биоэлементам (включая ультрамикроразнообразия), хотя ряд редкоземельных металлов предлагается использовать в качестве микроудобрений (значительно увеличивая урожайность). Это может указывать на отсроченную токсичность этих элементов.

У людей ионы редкоземельных металлов образуют нерастворимые соединения, и эти частицы поглощаются ретикулоэндотелиальной системой, нарушая ее функцию, то есть подавляют иммунную систему (отсроченные эффекты).

Внедрение новых технологий приводит к использованию наночастиц, содержащих РЗМ. Установлено, что такие частицы часто обладают гораздо большей токсичностью для клеток организма.

Химические свойства редкоземельных металлов наиболее близки к одному из самых распространенных элементов земной коры - алюминию. Длительный парентеральный ввод солей алюминия вызывает повреждение головного мозга, но в кишечнике этот элемент практически не всасывается (эволюционно развитая защита). Следовательно, необходимо исключить возможность возникновения таких поражений под воздействием редкоземельных металлов, которые накапливаются в организме.

Чтобы устранить негативные воздействия РЗМ на АНОФ-2 на окружающую среду и население Кольского Севера, необходимо продолжить исследования токсичности этих металлов с использованием современных методов, включая биотестирование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стриженов А.В. Управление экологической безопасностью намывных техногенных массивов ОАО «Апатит» в процессе их формирования: диссертация кандидата технических наук: 25.00.36 Санкт-Петербург, 2015, 184 с.: ил. Геоэкология.
2. Михайлов Ю.М. О государственном регулировании, контроле и поддержке сегмента редкоземельных металлов // сайт журнала «Редкие земли» от 26 ноября 2013 г. – rareearth.ru/ru/pub/20131126/00022.html;
3. Иванов В. Редкоземельное производство: на пути к ренессансу // Недра и ТЭК Сибири, 2013, № 11, с. 8-11;
4. Калашников Ю.В. Инновационно-стратегические проблемы российской промышленности и редкоземельные металлы // Омский научный вестник, 2013, № 4, с. 61-64;

5. Кременецкий А.А., Усова Т.Ю., Ключарев Д.С. Минерально-сырьевая база редких металлов // Минеральные ресурсы России: экономика и управление, 2013, № 5, с. 119-123;
6. Giovanni Pagano, Marco Guida, Franca Tommasi, Rahime Oral Health effects and toxicity mechanisms of rare earth elements: Knowledge gaps and research prospects *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Volume 115, May 2015, Pages 40-48.
7. Маладаев А.А. Влияние лантана на биологическую активность почв, урожай и качество растений: диссертация... кандидата биологических наук: 06.01.04 Улан-Удэ, 2007 125 с. РГБ ОД, 61:07-3/770.
8. Н. М. Кожевникова, Е. П. Ермакова. Влияние сульфата самария на продуктивность гороха и овощных культур, подвижность самария в каштановой почве и его накопление растениями. *Агрoхимия*, 2009, № 6, с. 52-55.
9. Yanjun REN, Xuejun REN, Jianjun MA, Lijing YAN Effects of mixed rare earth fertilizer on yield and nutrient quality of leafy vegetables during different seasons *Journal of Rare Earths*, Volume 34, Issue 6, June 2016, Pages 638-643.
10. Xiaofei Li, Zhibiao Chen, Zhiqiang Chen, Yonghe Zhang A human health risk assessment of rare earth elements in soil and vegetables from a mining area in Fujian Province, Southeast China *Chemosphere* Volume 93, Issue 6, October 2013, Pages 1240-1246
11. Maoqiang Zhuang, Jinshan Zhao, Suyun Li, Danru Liu, Kebo Wang, Peirui Xiao, Lianlong Yu, Ying Jiang, Jian Song, Jingyang Zhou, Liancen Wang, Zunhua Chu Concentrations and health risk assessment of rare earth elements in vegetables from mining area in Shandong, China *Chemosphere* Volume 168, February 2017, Pages 578-582.
12. Fujian Province, Southeast China Xiaofei Li, Zhibiao Chen, Zhiqiang Chen, Yonghe Zhang A human health risk assessment of rare earth elements in soil and vegetables from a mining area in *Chemosphere* 93 (2013) 1240–1246.
13. Zhang H, Chronic toxicity of rare-earth elements on human beings: implications of blood biochemical indices in REE-high regions, South Jiangxi / Zhang H., Feng J., Zhu W., Liu C., Xu S., Sao P., Wu D., Yang W., Gu J. // *Biol. Trace Elem. Res.* 2000. V. 73. № 1. P. 1-17.
14. Franz Goecke, Celia G. Jerez, Vilem Zachleder, Felix L. Figueroa, Katerina Bisova Tomas Rezanka, Milada Vitova Use of lanthanides to alleviate the effects of metal ion-deficiency in *Desmodesmus quadricauda* (Sphaeropleales, Chlorophyta) *Front. Microbiol.*, 28 January 2015.
15. Lijun W. Concentrations and distribution patterns of rare earth elements in water body from intertidal flat of Tianjin and influence of various factors / Lijun W., Tao L., Chaosheng Z., Shiming D., Liqiang D., Xin Y. // *J. Rare Earths*. 2004. V. 22. № 6. P. 896-903.

16. Маладаев А.А. Влияние лантана на биологическую активность почв, урожай и качество растений: диссертация кандидата биологических наук: 06.01.04 Улан-Удэ, 2007 125 с. РГБ ОД, 61:07-3/770.
17. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Монография. - М.: Медицина, 1991. – С. 496.
18. Rare Earth Elements in Human and Environmental Health: At the Crossroads between Toxicity and Safety Copyright. Pan Stanford Publishing Pte. Ltd. 2017.
19. Zhang H, Chronic toxicity of rare-earth elements on human beings: implications of blood biochemical indices in REE-high regions, South Jiangxi / Zhang H., Feng J., Zhu W., Liu C., Xu S., Sao P., Wu D., Yang W., Gu J. // Biol. Trace Elem. Res. 2000. V. 73. № 1. P. 1-17.
20. Bulman, R. A. (2003). Metabolism and toxicity of the lanthanides. *Metallions in Biological Systems*, 40: 683-706.
21. Bowen H.J.M. Trace elements in biochemistry. – New York: Academic Press, 1966. – 241 p.
22. Haley T.J. Toxicity of rare earths // *New Frontiers Rare Earth Sci. and Appl. Proc. Int. Conf.*, Beijing, Sept., 10-14, 1985. Vol. 1. – Beijing, 1985, p. 675-683.
23. Haley, T. J. Pharmacology and toxicology of the rare earth elements: *Journal of Pharmaceutical Sciences*. 1965, P. 663-670.
24. Fiddler, G., T. Tanaka, I. Webster Low systemic adsorption and excellent tolerability during administration of Lanthanum carbonate (Fosreno ITM) for 5 days: 9th Asian Pacific Congress of Nephrology, Thailand. 2003.
25. Rambeck, W. A., M. L. He, and U. Wehr Influence of the alternative growth promoter "Rare Earth Elements" on meat quality in pigs. In *Proceedings of the British Society of Animal Science pig and poultry meat quality - genetic and non-genetic factors*, Poland: 2004.
26. Hutchison, A. J., Speake, M. & Al-Baaj, F. Reducing high phosphate levels in patients with chronic renal failure undergoing dialysis: a 4-week, dose-finding, open label study with lanthanum carbonate. *Nephrology, dialysis, transplantation: official publication of the European Dialysis and Transplant Association - European Renal Association*, 19: P. 1902-1906.
27. Evans, C. H. *Biochemistry of the lanthanides*: Plenum Press. New York and London: 1900.
28. Harrison, S. T. & Scott, L. J. Lanthanum Carbonate. *Drugs*. 2004, 64: 985-996.
29. Goering PL, Fowler BA. Gallium. In: Merian E, ed. *Metals and their compounds in the environment: occurrence analysis and biological relevance*. Weinheim: VCH Publishers, 1991:909-20
30. Giovanni Pagano, Marco Guida, Franca Tommasi, Rahime Oral Health effects and toxicity mechanisms of rare earth elements—Knowledge gaps and research prospects *Ecotoxicology and Environmental Safety* 115 (2015) 40–48.

31. Ignacio Martín-Loeches Bronchitis: Croatia, 2011. V. 6. P. 95-110.
32. Точилкина Л.П., Ходыкина Н.В., Бочарова Л.Ю., Срослов, М.С., Клаучек В.В., Филатов Б.Н. Субхроническая токсичность наночастиц диоксида церия//Токсикологический вестник. 2016. №6, С. 54-61.
33. Jana Keller. Biokinetics and inhalation toxicity of cerium dioxide and barium sulfate nanoparticles after 1, 4, 13 and 52 weeks of exposure//dissertation. Gieben, 2015.
34. Anisul Afsar, Sarah Groves Toxicity Assessment of Phoslock & Lanthanum to Human Health// PWS Report June 2009, TR 023/09.
35. Препарат «Эплан» - механизм действия [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://www.npp-oberon.ru/ep_act.html, свободный.
36. Amanda V. Paiva, Monica S. de Oliveira, Samira N. Yunes, Leonardo G. de Oliveira, A. Janua, B. Cabral Effects of Lanthanum on Human Lymphocytes Viability and DNA Strand Break//Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 82(4):423-7 2008.
37. Chen Yan Feng Experimental Study on the Reproductive Toxicity of Lanthanum in Male Mice: Master's thesis (R114). 2008.
38. Jinxia Li, Rudo A. Verweij, Cornelis A.M. van Gestel Lanthanum toxicity to five different species of soil invertebrates in relation to availability in soil: Chemosphere. 2017, Volume 193, P. 412-420.
39. Giovanni Pagano, Marco Guida, Franca Tommasi, Rahime Oral Health effects and toxicity mechanisms of rare earth elements—Knowledge gaps and research prospects Ecotoxicology and Environmental Safety 115 (2015) 40–48.
40. Jinxia Li, Rudo A. Verweij, Cornelis A.M. van Gestel Lanthanum toxicity to five different species of soil invertebrates in relation to availability in soil Chemosphere, Volume 193, February 2018, Pages 412-420.
41. Takaya, M, Toya, T, Takata, A, Otaki, N, Yoshida, K, and Kohyama, N (2005). Biological effects of rare earth oxides to respiratory organs. J Aerosol Res. 20, 207-212.
42. Keller, J, Wohlleben, W, Ma-Hock, L, Strauss, V, Gröters, S, Küttler, K, Wiench, K, Herden, C, Oberdörster, G, van Ravenzwaay, B, and Landsiedel, R (2014). Time course of lung retention and toxicity of inhaled particles: short-term exposure to nano-Ceria. Arch Toxicol. 88, 2033-2059.
43. Lim, CH (2015). Toxicity of two different sized lanthanum oxides in cultured cells and sprague-dawley rats. Toxicol Res. 31, 181-189.
44. Yong-Soon Kim, Cheol-Hong Lim, Seo-Ho Shin Twenty-Eight-Day Repeated Inhalation Toxicity Study of Nano-Sized Neodymium Oxide in Male Sprague-Dawley Rats Toxicol Res, Volume 33, pp 239-253; doi:10.5487/TR.2017.33.3.239
45. Zhao, H, Cheng, Z, Hu, R, Chen, J, Hong, M, Zhou, M, Gong, X, Wang, L, and Hong, F (2011). Oxidative injury in the brain of mice caused by lanthanid. Biol. Trace Elem. Res. 142, 174-189.

46. Cheng, J, Cheng, Z, Hu, R, Cui, Y, Cai, J, Li, N, Gui, S, Sang, X, Sun, Q, Wang, L, and Hong, F (2014). Immune dysfunction and liver damage of mice following exposure to lanthanoids. Environ. Toxicol. 29, 64-73.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Храмов Алексей Владимирович, д.м.н., профессор, Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, 190005, г. Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1, e-mail: khralex@mail.ru

Контрош Лидия Владимировна, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»), 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д.5, ассистент кафедры ИЗОС, e-mail: Lida.kontrosh@mail.ru.

Шумилов Олег Иванович, д.ф.-м.н., г.н.с., Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН, 184209, Мурманская обл., г. Апатиты, мкр. Академгородок, д. 14А, e-mail: oleg@aprec.ru.

Касаткина Елена Александровна, д.ф.-м.н., в.н.с., Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН, 184209, Мурманская обл., г. Апатиты, мкр. Академгородок, д. 14А, e-mail: oleg@aprec.ru.

,

Академический вестник ЭЛПИТ, том №4, №3(9)

Электронное периодическое издание научный журнал "Академический вестник ЭЛПИТ"

Electronic periodical edition scientific journal "Academical bulletin ELPIT"

Том №4 Номер №3(9)

Volume 4, Issue 3(9)

Учредитель: Общество с ограниченной ответственностью "Институт химии и инженерной экологии"

Founder: Limited Liability Company "Institute of Chemistry and Engineering Ecology"

Издательство «ELPIT»

Edition «ELPIT»

Почтовый адрес учредителя, издательства и редакции: 445017, Самарская обл. г. Тольятти-17, а/я 740.

Post address of founder, edition and redaction: Samara region, Togliatti-17, PO BOX 740, 445017, Russia

Адрес учредителя, издательства и редакции: 445017, Самарская обл., г. Тольятти, Молодёжный бульвар, д. 11-51.

Главный редактор А.В. Васильев, д.т.н., профессор

Свободная цена

Agreed price

Подписано к размещению на сайте журнала: 26.09.2019 г.