



**ЭНЕРГЕТИКА:
ЭФФЕКТИВНОСТЬ,
НАДЕЖНОСТЬ,
БЕЗОПАСНОСТЬ**

**МАТЕРИАЛЫ ТРУДОВ
XX ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

Том 2

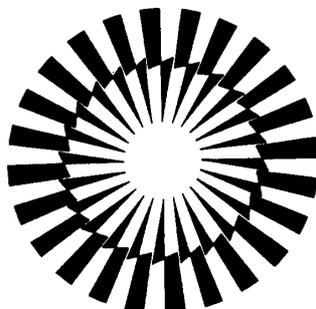
**Томск
2-4 декабря 2014 г.**

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТОМСКОЕ ПРОФЕССОРСКОЕ СОБРАНИЕ
СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
МЕЖДУНАРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ЭКОЛОГИИ И БЕЗОПАСНОСТИ
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ ДВАДЦАТОЙ
ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**«ЭНЕРГЕТИКА:
ЭФФЕКТИВНОСТЬ, НАДЕЖНОСТЬ, БЕЗОПАСНОСТЬ»**

Том II



Томск - 2014

УДК 620.9+(621.311+621.039):504+621.039.058+621.311.019.3
Э65

Энергетика: Эффективность, надежность, безопасность: материалы XX
Э65 Всероссийской научно-технической конференции / Томский
политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического
университета, 2014. Т. II. – 257 с.

Настоящий сборник содержит материалы девятнадцатой Всероссийской научно-технической конференции “Энергетика: эффективность, надежность, безопасность”, проведенной 2-4 декабря 2014 г. на базе ГОУ ВПО НИ ТПУ. В пленарных и секционных докладах обсуждаются проблемы эффективности и безопасности электроэнергетических и теплоэнергетических установок и систем, вопросы энергосбережения и проблемы ядерной энергетики. Рассматриваются научные проблемы и задачи экологии и защиты окружающей среды, медико-биологические аспекты техногенного влияния среды на организм.

**УДК 620.9+(621.311+621.039):
504+621.039.058+621.311.019.3**

Редакционная коллегия:

Литвак В.В. (председатель), доктор технических наук, профессор ТПУ
Ушаков В.Я., доктор технических наук, профессор ТПУ
Кузнецов Г.В., доктор физико-математических наук, профессор ТПУ
Панин В.Ф., доктор технических наук, профессор ТПУ
Сечин А.И., доктор технических наук, профессор ТПУ

© ГОУ ВПО НИ ТПУ 2014
© Авторы 2014

Состав организационного и научного комитета
XX-й Всероссийской научно-технической конференции:
«Энергетика: эффективность, надежность, безопасность»

Чубик Петр Савельевич	ректор ТПУ, профессор, председатель оргкомитета;
Дьяченко Александр Николаевич	проректор по НР и И, профессор, сопредседатель оргкомитета;
Завьялов Валерий Михайлович	директор ЭНИН, д.т.н., доцент, сопредседатель оргкомитета;
Кузнецов Гений Владимирович	зам. директора ЭНИН, профессор, зам. председателя оргкомитета;
Ушаков Василий Яковлевич	директор РЦР ТПУ; профессор ЭНИН, сопредседатель оргкомитета;
Литвак Валерий Владимирович	профессор каф АТЭС ЭНИН, зам. председателя оргкомитета;
Коханенко Лидия Павловна	начальник отдела ОНТИ, член оргкомитета;
Заворин Александр Сергеевич	зав. кафедрой ПГС ЭНИН, доцент, председатель секции;
Хрущев Юрий Васильевич	профессор ЭНИН, председатель секции;
Матковская Тамара Васильевна	профессор СГМУ, председатель секции
Романенко Сергей Владимирович	зав. кафедрой ЭБЖ ИНК, профессор, председатель секции;
Лукутин Борис Владимирович	зав. кафедрой ЭСПП ЭНИН, профессор, председатель секции;
Сечин Александр Иванович	профессор кафедры ЭБЖ ИНК, член оргкомитета.

Секция 4

Проблемы ядерной энергетики

Development of the first ninh thuan nuclear power plant projects at Vietnam electricity (EVN)*Do Thi Dung**National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia*

Vietnam has been considering to develop nuclear power for peaceful purposes based on modern, verified technology since 1995, and firm proposals surfaced in 2006[1]. However in January 2014 it was reported that Vietnam had decided to delay construction by six years[3].

The race to diversify beyond its primarily Hydro and Coal energy mix, is driven largely by the country's growing energy demand, which is expected to increase annually by 16%, i.e. from 16 GW (2010) to 30 GW (2015). Another factor is the challenges it faces in identifying new suitable hydro power project sites[2]

Its first ever nuclear power projects will be implemented in two major sites in Ninh Thuan Province. The 4 X 1000 MW Ninh Thuan 1 site[4] at Phuoc Dinh, will be built in collaboration with Russian State company - Atomstroyexport, and will set the stage for the foundation of Vietnam's first ever nuclear power plant unit (estimated completion - 2020). The Japanese consortium - JINED will construct the second site - 4 X 1000 MW Ninh Thuan 2 at Ninh Hai district.[5]

The Ninh Thuan 1 Nuclear Power Plant (NPP) is a planned nuclear power plant at Phuoc Dinh in Thuan Nam District, Ninh Thuan Province, Vietnam. It will consist of four 1,200 MWe VVER pressurised water reactors. The plant to be built by Atomstroyexport, a subsidiary of Rosatom. It will be owned and operated by state-owned electricity company EVN. Fuel will be supplied and used fuel will be reprocessed by Rosatom. The feasibility study will be carried out by E4 Group.

The plant will be built based on a nuclear power development plan, approved by the Vietnamese government in 2007. In 2009, Vietnam's National Assembly approved a resolution on investment policy for the project. On 31 October 2010, Vietnamese government and Rosatom signed a construction agreement.

Works to prepare the construction site started in December 2011.[4] Construction to be start by 2014 and the first unit to be commissioned by 2020.[1] The construction is financed by the US\$8 billion loan from Russia. Unit 2 will be commissioned in 2021, unit 3 in 2023 and unit 4 in 2024[6].

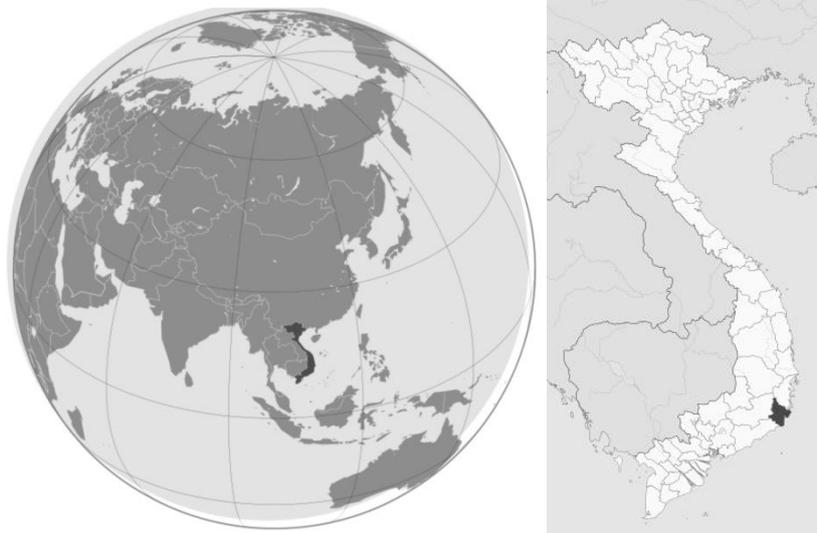
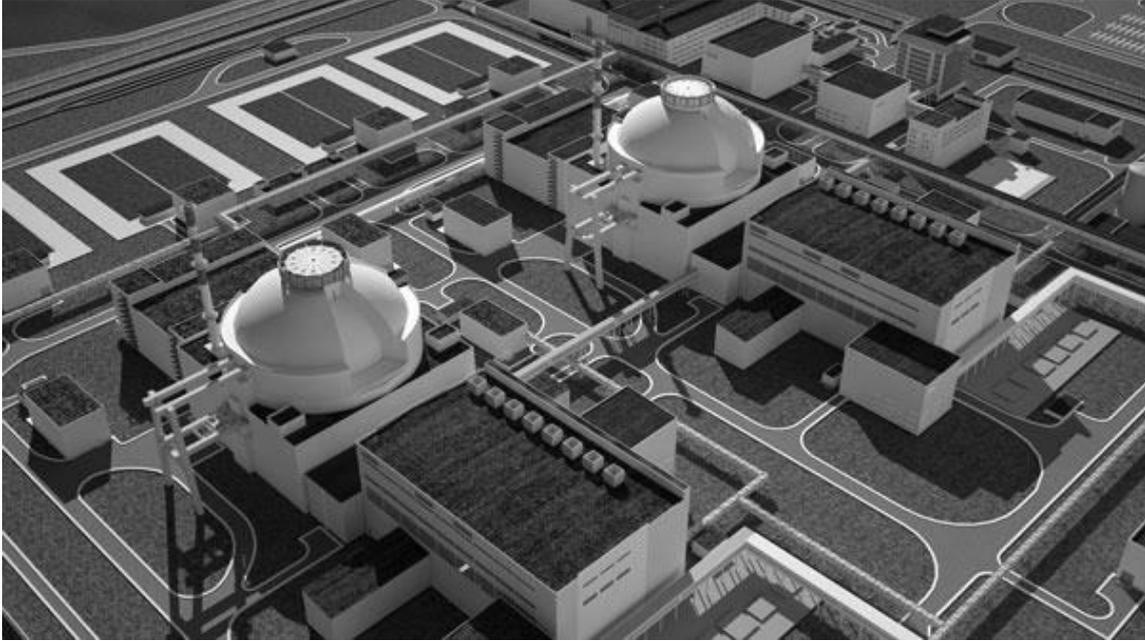


Fig.1 Location of Ninh Thuan 1 Nuclear Power Plant

The 1 GW reactor unit no. 1 at Ninh Thuan 1, will be commissioned and connected to the national grid by 2020, which at that time will represent 1.5% of the projected total output of 52 GW. In June 2010, Vietnam announced that it plans to build 14 nuclear reactors at eight sites in five provinces by

2030, to satisfy at least 15 GW nuclear power (i.e. 10% share) of the estimated total demand of 112 GW. An ambitious strategy to increase the nuclear share to 20-25% by 2050 has also been outlined.

The initial schedule was for construction start in 2014 and operation from 2020, but commencement has been delayed to 2017 or 2018. Experts said that the delay will help Vietnam have more time to prepare carefully for the project, particularly human resource training. Vietnam has sent many students to study nuclear energy in Russian and others countries to meet the needs of experts for projects NPP and the atomic energy projects later.



Pic. 2 Perspective of The Ninh Thuan 1 Nuclear Power Plant

	Major fields	Quantity (person for 2 NPPs)	Implementation arrangement
1	Nuclear power	420	<i>-198 students studied in Russian since 2006 will graduate from 2013, in which 100 will work for EVN -Graduated 2 years before COD to go to the training enter at the NPPs. -Prioritizes are the local students in Ninh Thuan and the neighbouring areas. - Abroad training: in nuclear power related majors principally for Ninh Thuan 2 NPP. (15 in Tokai-Japan) - Indigenous training: for the trainees who work in Ninh Thuan 2 NPP and the technicians for 2 NPPs</i>
2	Nuclear physics + Nuclear engineering	80	
3	Chemical engineering	64	
4	Control and automotive techniques	22	
5	Electrical + Mechanic electronics + Mechanics techniques	140	
6	Information technology	16	
7	Other	142	
	Total	884	

Pic. 3 Training Human Resource Project for Ninh Thuan 1 NPPs

REFERENCES:

1. World Nuclear Association [Electronic resource]. – Access mode: "[Nuclear Power in Vietnam](#)". [World Nuclear Association](#). Retrieved Feb 19, 2012.
2. VISION [Electronic resource]. – Access mode: "[Leading the Nuclear Charge – Vietnam’s quest to develop nuclear power](#)". [vision-associates.com](#). Retrieved Feb 19, 2012.
3. [Electronic resource]. – Access mode: "[Vietnam delays building 1st nuclear power plant](#)". [Associated Press](#) (Boston Globe). 15 January 2014. Retrieved 16 January 2014.
4. vnnnews [Electronic resource]. – Access mode: "[Russia to lend Vietnam \\$9 billion for first nuclear plant](#)". Retrieved Feb 19, 2012.

5. MW [Electronic resource]. – Access mode: "[Japan, Vietnam move ahead on nuclear reactor plans](#)". Retrieved Feb 19, 2012.
6. Wikipedia [Electronic resource]. – Access mode: http://en.wikipedia.org/wiki/Ninh_Thu%E1%BA%ADn_1_Nuclear_Power_Plant.

Получение материалов для ядерной техники в режиме СВС с предварительной механической активацией шихты

Касаткин Д. Д., Кузнецов М.С., Чурсин С.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В наше время большое значение имеет синтез неорганических веществ. Для этой цели существуют общепринятые технологии металлургии, порошковой металлургии, керамическое производство и другие. Одной из альтернативных технологий является технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС).

Сущность метода СВС состоит в том, что в результате локального инициирования реакции в тонком слое исходной шихты реагентов, находящейся в твердом состоянии, фронт горения самопроизвольно распространяется по всей системе благодаря теплопередачи от горячих продуктов к не нагретым исходным компонентам, в которых также инициируется реакция горения. Процесс получения конечного продукта в режиме СВС имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами печного синтеза материалов: отсутствие потребления электроэнергии для поддержания необходимых температурных режимов; высокая производительность; высокая чистота продуктов; управляемость процесса[1].

Но есть проблема заменимости традиционных технологий на СВС-технологии, даже если продукты СВС обладают лучшими свойствами по сравнению с традиционными продуктами. В полной же мере преимущества метода СВС могут быть реализованы при решении таких задач, для которых не существует традиционных технологий. Например, получение крупногабаритных твердых сплавов и изделий из них. Спекать крупные изделия размерами в несколько десятков сантиметров практически невозможно, прессовать в нагреваемых пресс-формах – дорого и сложно, а при СВС заготовка любого размера может быть равномерно разогрета теплом, выделяющимся в ходе химической реакции, до высокой температуры[2].

Актуальность работы заключается в отсутствии до настоящего времени комплексных исследований процессов синтеза материалов на основе диборида титана с добавкой никеля и алюминия из компонентов предварительно подверженных механической активации. Разработка физико-химических основ технологии получения таких материалов позволит целенаправленно создавать изделия со стабильными эксплуатационными характеристиками[3].

В настоящее время в СВС-режиме получен ряд перспективных материалов. При этом определены некоторые закономерности процессов горения и структурообразования в порошкообразных смесях химических элементов при различных режимах предварительной подготовки исходной. Вместе с тем одной из ключевых проблем СВ-синтеза в сложных системах является многостадийность процесса синтеза, вследствие чего в структуре конечного продукта могут образовываться дополнительные фазы, т.е. образуется многофазный конечный продукт.

В связи с этим возникает необходимость рассмотрения способов управления реакцией синтеза на различных его стадиях (подготовка шихты, синтез, догорание). Одним из наиболее перспективных методов управления реакцией синтеза является управление на стадии подготовки шихты исходных реагентов, к которому можно отнести предварительную механическую активацию шихты.

Суть метода механоактивации заключается в релаксации, прикладываемой к образцу механической энергии через различные каналы, среди которых стоит отметить деформацию и разрушение твердого тела путем накопления точечных дефектов и дислокаций[4]. Этот метод оказался мощным инструментом, позволяющим не только получать объекты с линейными размерами в интервале от десятков микрометров до единиц нанометров, но и управлять физическими свойствами этих объектов в процессе приготовления. С помощью метода механоактивации можно ускорить химические реакции при синтезе твердофазных соединений не только из-за увеличения их удельных поверхностей, но и за счет изменения их реальной микроструктуры. Имеются в виду изменения концентраций различных дефектов, межатомных расстояний и углов связи, а также изменения, происходящие на атомном уровне под действием силового поля.

Для получения материалов исходная шихта готовилась на основе оксида титана, бора, никеля и алюминия. Смесь никеля и алюминия добавляется для увеличения энергетического выхода во время синтеза и создания интерметаллидной матрицы. Исследования по влиянию этой смеси на процесс протекания синтеза были выполнены ранее. Шихта перед запрессовкой подвергалась механической обработке в шаровой планетарной мельнице АГО-2С при различных режимах работы мельницы. Шихта запрессовывалась в цилиндрические образцы диаметром 30 мм при давлении 5 МПа. Синтез осуществлялся в условиях технологического вакуума в СВС-реакторе.

Фазовый анализ состава исходных веществ и конечных продуктов проводился с помощью рентгенофазового анализа на дифрактометре Shimadzu XRD-6000. Регистрация температурных режимов проводилась с помощью хромель-алюмелевых термопар подключенных к счетчику импульсов Овен СИ8 с записью данных на ПК.

На рисунке 1 представлена характерная термограмма горения для рассматриваемой системы без механической активации. Видно, что процесс синтеза проходит в две стадии. На первом этапе в реакцию вступает смесь никеля с алюминием, разогревая образец до температуры инициирования реакции оксида титана с бором. Далее уже происходит синтез диборида титана.

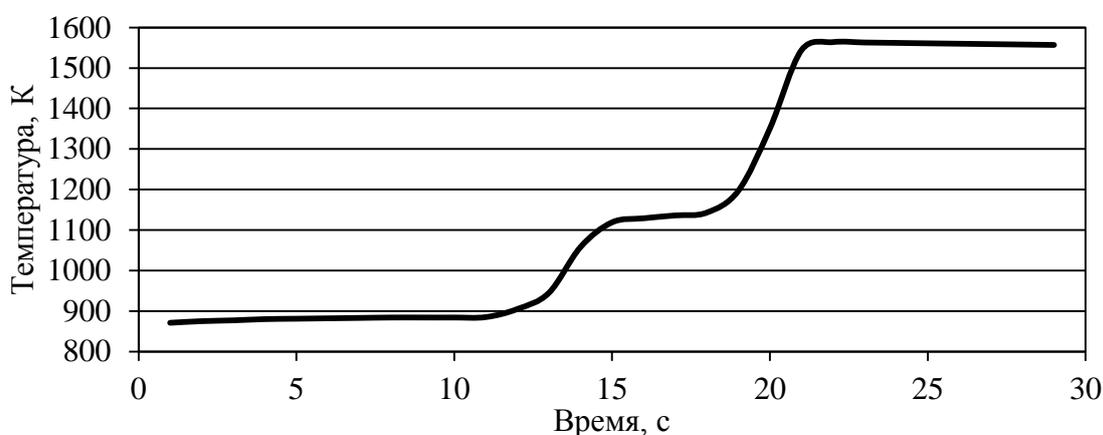


Рисунок 1. Термограмма горения исследуемой системы без механоактивации

Анализ данных по фазовому составу полученных образцов показывает, что конечный фазовый состав в значительной степени зависит от режима предварительной механической обработки шихты исходных реагентов. Однако механическая активация оказывает положительный эффект только в определенном диапазоне. В крайних же значениях необходимого воздействия не наблюдается, либо возникает отрицательное воздействие, в результате того, что при длительном времени активации или избыточной силы активации частицы смеси начинают рекомбинировать в крупные агломераты или вступать в реакцию еще в процессе механоактивации, тем самым ухудшая реакционную способность смеси в целом.

В таблице 1 представлены сравнительные данные рентгенографического исследования образцов синтезируемых при различном режиме механоактивации.

По результатам рентгенофазового анализа видно, что при недостатке или избытке механической активации исходные компоненты реагируют не полностью, остается непрореагировавший оксид титана, что не желательно.

Ввиду недостаточной реакционной способности системы связанной с недостаточным контактом между взаимодействующими частицами или недостатком энергии запасенной в системе. Так же стоит отметить, что при механической активации с частотой вращения мельницы 30 Гц происходит практически полное превращение исходных компонентов в целевой продукт. Следовательно, механическая активация дает явное преимущество при синтезе материалов на основе диборида титана методом СВС.

Так же в результате рентгенофазового анализа исходной шихты до проведения синтеза было обнаружено, что реакция образования диборида титана начинается еще в процессе измельчения компонентов смеси, что приводит к локальным очагам образования целевого продукта, тем самым ухудшая контакт между компонентами смеси и препятствует прохождению волны горения в объеме образца.

Таблица 1. Результаты рентгенографического исследования образцов боридов, полученных методом СВ-синтеза

Параметры механоактивации	Обнаруженные фазы	Содержание фаз, масс. %
10 мин 10 Гц	TiB_2	70.68
	$Al_4B_2O_9$	17.22
	$AlNi_3$	2.97
	TiO_2	9.13
10 мин 20 Гц	TiB_2	76.19
	$Al_4B_2O_9$	17.22
	$AlNi_3$	3.26
	TiO_2	3.33
10 мин 30 Гц	TiB_2	83.19
	$Al_4B_2O_9$	10.22
	$AlNi_3$	6.26
	TiO_2	0.33
10 мин 40 Гц	TiB_2	76.72
	$Al_4B_2O_9$	20.7
	TiO_2	2.58
10 мин 50 Гц	TiB_2	63.82
	$Al_4B_2O_9$	16.63
	TiO_2	19.55

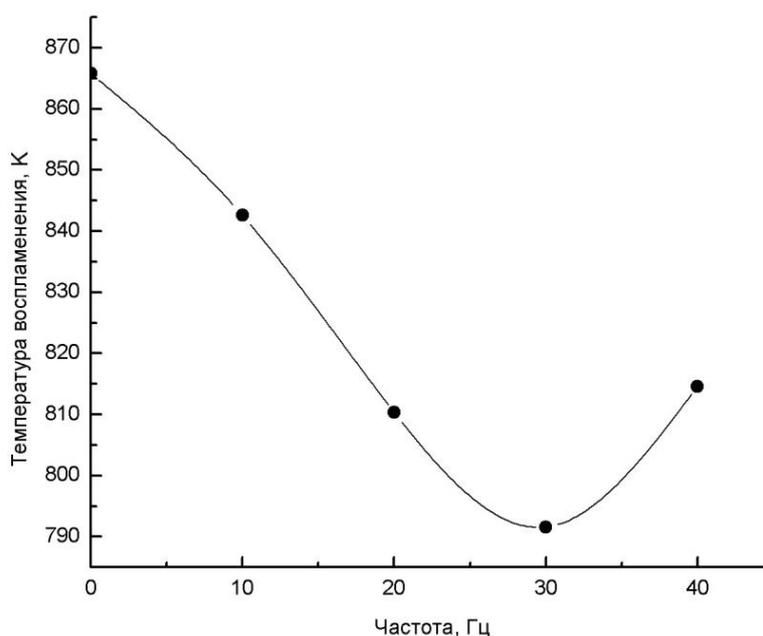


Рисунок 2. Зависимость температуры инициирования реакции горения от частоты вращения мельницы при механоактивации

На рисунке 2 отображен график зависимости температуры инициирования реакции синтеза от частоты вращения мельницы при механической активации исходной шихты.

Механическая активация позволяет снизить температуру инициирования синтеза, что является явным преимуществом, так как необходимо будет приложить меньше энергии, что бы

инициировать реакции. Однако так же наблюдается «порог насыщения» механической активации, после которого наблюдается рост температуры инициирования реакции. Следовательно, избыточная механическая активация вносит отрицательный вклад во время синтеза материала.

Выводы

Рассмотрены результаты экспериментов по синтезу материалов на основе соединения диборида титана с добавлением алюминия и никеля в режиме СВС. Исследование показало, что механическая обработка снижает температуру воспламенения горючей системы, способствует более полному сгоранию и даже может привести к увеличению скорости распространения волны горения. А так же при механической активации происходит увеличение температуры синтеза, что позволяет получать более чистый продукт.

Экспериментально установлен «порог насыщения» механоактивации, выше которого дальнейшая обработка исходных реагентов не приводит к улучшению протекания синтеза, а либо не оказывает никакого воздействия либо ведет к торможению и затуханию процесса горения. Это можно объяснить тем, что при избытке энергии в системе происходит рекомбинация частиц в более крупные агломераты, что снижает реакционную способность компонентов, так же локально может происходить процесс синтеза, приводящий к образованию промежуточных или целевых фаз в шихте, что ухудшает протекание последующей реакции синтеза.

Так же проведен анализ влияния механоактивации на фазообразование при СВ-синтезе. Установлены оптимальные параметры механической активации планетарной мельницей, при которых достигается максимальное содержание целевой фазы.

Список литературы:

1. А.Г. Мержанов. Процессы горения и синтез материалов. Черноголовка: ИСМАН, 1998, 512 с.
2. Рогачев А. С., Мукасян А. С. Горение для синтеза материалов: введение в структурную макрокинетику. – М.: ФИЗМАЛИТ, 2013. – 400 с.
3. Самсонов Г. В., Серебрякова Т. И., Неронов В. А. Бориды. М., Атомиздат, 1975. 376 с.
4. Итин В. И., Найбороденко Ю. С. Высокотемпературный синтез интерметаллических соединений. – Томск: ТГУ. 1989.

Модернизация системы видеонаблюдения на ядерном объекте для повышения эффективности системы физической защиты

Смирнов А.С., Понер М.В., Степанов Б. П.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

На любом ядерном объекте всегда существует необходимость в улучшении системы физической защиты. Средства видеонаблюдения являются неотъемлемой частью любой системы физической защиты на ядерном объекте. Также системы видеоконтроля применимы в учете и контроле ядерных материалов.[1]

Важным значением, относящимся к этой системе, является понятие эффективности. Эффективность любой технической системы отражает ее способность к выполнению своей функции.[2] В частности эффективность системы видеоконтроля можно охарактеризовать, как способность обнаруживать и способствовать тем самым невозможности несанкционированных действий нарушителя в рамках проектной угрозы.

Реализация процесса видеоконтроля рассматривается как анализ каждого отдельного кадра.[3] В существующих системах это чаще всего происходит при помощи специального программного обеспечения и установки видеокамер с повышенными техническими характеристиками.

Специализированное программное обеспечение анализирует каждый кадр, полученный с помощью видеокамер. Благодаря этому у нарушителя уменьшается вероятность остаться незамеченным даже при использовании им скрытых возможностей по совершению несанкционированных действий, уменьшается вероятность ошибки оператора. Однако остаются трудности при использовании средств видеонаблюдения в условиях ограниченной видимости или других сложных условиях таких как:

- атмосферные осадки (снег, дождь);
- попадание в кадр птиц и зверей;
- засветка объектива;
- неравномерная освещенность периметра в ночное время.

В настоящее время все чаще существует возможность использования тепловизионных камер. Они идеально подходят для обнаружения людей, объектов и происшествий в темноте и в других сложных условиях.

Тепловизионные камеры работают в инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра (примерно 0,9-14 мкм), что позволяет получить изображение независимо от освещенности. На дисплей оператору выводится изображение уже в видимом диапазоне показывающее картину распределения температурных полей.[4]

Так как инфракрасное излучение испускается всеми объектами, имеющими температуру, это позволяет «видеть» окружающую среду с или без видимого света. Таким образом, тепловизионные камеры не требуют дополнительных источников света, потребляющих энергию, создающих тени и выдающих свое местонахождение.

В работе рассматриваются вопросы построения системы видеонаблюдения на основе совместного применения цифровых и тепловизионных камер, работающих под управлением программного комплекса «Интеллект». Была разработана и реализована система видеонаблюдения.

Программный комплекс «Интеллект» предназначен для создания комплексов систем безопасности любого масштаба.

Он был выбран для нашей работы в связи с тем, что обладает всеми преимуществами построения распределенной системы видеонаблюдения и возможностью использования различных регулируемых функций.

Согласно его техническому описанию распределенная система видеонаблюдения позволяет осуществить [5]:

- удаленный мониторинг и администрирование;
- возможность использования практически неограниченного количества видеосерверов и видеокамер;
- возможность установки любого количества рабочих мест (локальных и удаленных);
- возможность построения интегрированной системы видеонаблюдения.

Основной функцией программного комплекса «Интеллект», предоставляющей наибольшую важность для нашей работы, является функция видеонаблюдения. Функция видеонаблюдения включает в себя[6]:

- одновременный вывод на монитор видеонаблюдения изображений, поступающих от тепловизионной и сетевой видеокамер
- приоритетный вывод видеоизображений от тревожных или активных видеокамер;
- цветовая индикация состояния окна видеонаблюдения (видеокамеры) с отображением состояний: «На охране», «Тревожная», «Запись» и т.д.
- запись, просмотр видеоизображений по тревоге или по запросу оператора с предысторией (предзаписью);
- видеонаблюдение с использованием Web-интерфейса;
- просмотр видеoinформации, поступающей со всех входящих в систему серверов, на всех рабочих местах с использованием коммуникационной среды TCP/IP;
- просмотр видеозаписей с возможностью поиска в архивах по времени, событию, видеокамере;
- обработка видеоизображения: цифровое увеличение, контрастирование, фокусировка, динамическое оконтуривание.

При подключении к системе видеонаблюдения тепловизионной камеры повышенной чувствительности задаётся сцена наблюдения, температура фона окружающей среды, а также температура человеческого тела либо контролируемого объекта. Таким образом, оператор сразу может получать информацию о количестве нарушителей на расстоянии до 2000 метров, если наблюдение осуществляется на открытой местности.

При этом система «Интеллект» с помощью камеры высокой чёткости в автоматическом режиме может производить захват лица и сопоставление его с имеющийся базой данных. В случае несовпадения будет подан сигнал тревоги на пульт управления, таким образом, в случае проникновения нарушителя существенно сократится время реагирования.

В работе установлено, что при использовании в системе видеонаблюдения тепловизионной камеры, системы безопасности становятся более эффективной в условиях ограниченной видимости, а значит, увеличивается вероятность обнаружения нарушителя.

Создание системы видеонаблюдения основанной на программном комплексе «Интеллект» и технических средств как тепловизионные камеры наряду с обычными видеокамерами, позволило существенно снизить риски не обнаружения проникновения нарушителя. Риски существующие на сегодняшний день в других системах видеонаблюдения:

- человеческий фактор (усталость оператора, что существенно снижает его работоспособность);
- возможность ослепления видеокамеры, что сводит к минимуму возможность обнаружения нарушителя;
- работа в неблагоприятных условиях (снег, дождь, туман и т.д.);
- невозможность обнаружения на дальних дистанциях.

Разработанная нами система полностью исключает данные риски, либо сводит к минимуму.

Список литературы:

1. Постановлений Правительства РФ от 19.07.2007 № 456 «Об утверждении правил физической защиты ядерных материалов, ядерных установок и пунктов хранения ядерных материалов».
2. ГОСТ 52860-2007 «Технические средства физической защиты. Общие технические требования».
3. Герман Кругль Профессиональное видеонаблюдение. Практика и технологии аналогового и цифрового CCTV. Секьюрити Фокус. 2013. С 143
4. Алексеенко В. Н. Современная концепция комплексной защиты. Технические средства защиты. М.: МИФИ, 2007
5. Программный комплекс «Интеллект» Руководство Оператора. Версия 3.1.7. Москва 2012
6. Программный комплекс «Интеллект» Руководство Администратора. Версия 3.1.7. Москва 2012

Вопросы нераспространения ядерных материалов при реализации проекта Брест-ОД-300

Степанов Б. П., Шевелева А.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

С ростом энергетических потребностей населения все острее становится вопрос об использованной энергоэффективных и экологически чистых технологий при производстве электроэнергии. Опыт прошлого столетия показал, что наиболее перспективным является развитие атомной энергетики. Данный способ получения энергии является энергетически выгодным и безопасным для окружающей среды при соблюдении мер ядерной и радиационной безопасности при нормальном режиме эксплуатации атомных электрических станций (АЭС).

Безопасное развитие ядерной энергетики требует решения актуальных задач, включающих в себя:

- разработку и создание новых типов реакторов естественной безопасности;
- повышение эффективности использования ядерного топлива;
- использования накопленного и хранящегося плутония, в том числе и полученного в процессе разоружения;
- утилизацию возникающих радиоактивных отходов (РАО), образовавшихся в процессе эксплуатации атомной электростанции;
- устойчивость применяемых ядерных технологии к режиму нераспространения ядерного оружия [3].

Исследования российских и зарубежных ученых показали, что реакторы на быстрых нейтронах позволяют решить данную совокупность задач. Одним из таких проектов является реактор естественной безопасности на быстрых нейтронах с монокридридным уран-плутониевым топливом со свинцовым теплоносителем БРЕСТ-ОД-300, получившим развитие в рамках проекта «Прорыв».

Согласно «Конвенции о физической защите ЯМ» в настоящее время введен и действует принцип ответственности каждого государства, согласно которому страна-участник ответственна за организацию безопасной деятельности при использовании атомной энергии на своей территории [1]. Рекомендации Международного агентства по атомной энергии МАГАТЭ вводят комплексный подход к обеспечению безопасности. Одной из составляющих данного подхода является обеспечение процедур физической защиты, учета и контроля для предотвращения незаконного распространения ЯМ для предотвращения угрозы ядерного терроризма [2].

Поэтому помимо уникальных и эффективных технологических решений, направленных на максимальное получение электрической энергии, развитие проекта БРЕСТ-ОД-300 связано с решением ряда вопросов в области нераспространения ядерных материалов (ЯМ).

Целью работы является рассмотрение вопросов нераспространения ЯМ для реактора на быстрых нейтронах БРЕСТ-ОД-300 с учетом российского и международного опыта.

В процессе рассмотрения особенностей применяемых технологий установлено, что более высокому уровню режима нераспространения ЯМ при создании реактора БРЕСТ-ОД-300 способствуют несколько факторов:

1. Замкнутость топливного цикла с использованием урана и плутония. Повышение эффективности использования природного урана и вовлечение оружейного плутония при изготовлении новых видов ядерного топлива.

Разработка месторождений урана и переработка его с целью использования в качестве топливного сырья для ядерных реакторов очень энергоемкий и экономически дорогой процесс. К тому же интенсивная добыча урана приводит к истощению запасов и увеличению его стоимости на рынке. В реакторе БРЕСТ-ОД-300 предполагается применение замкнутого топливного цикла с использованием природного урана и вовлечением в процесс изготовления топлива плутония.

Также при использовании замкнутого топливного цикла происходит включение стадии, на которой отработавшее ядерное топливо перерабатывается с целью повторного его использования (процесс регенерации топлива) [4].

Широкое внедрение особенностей технологий повторной загрузки топлива при использовании замкнутого топливного цикла с использованием урана и плутония потребует меньшего количества дополнительного «свежего» топлива.

Данный процесс не только увеличивает эффективность использования природного урана, что дает экономическое преимущество технологии, но и способствует режиму нераспространения ЯМ. Последнее также предполагает уменьшение количества радиоактивных отходов (РАО), которые могли бы являться объектом несанкционированных действий.

2. Использование оружейного плутония в составе ядерного топлива.

Учитывая важность вопросов нераспространения оружейного плутония, а также его высокий энергетический потенциал, в реакторе БРЕСТ-ОД-300 предполагается использование специальных технологий, позволяющих использовать оружейный плутоний в качестве ядерного топлива.

Состав плутония в загружаемом нитридном топливе (PuN+UN) включает ^{239}Pu и ^{241}Pu в отношении 2,1/1,5 т [5], где ^{239}Pu является оружейным.

Вовлечение оружейного плутония в топливный цикл способствует уменьшению запасов плутония, накопленного в процессе разоружения и представляющего риск реализации угрозы ядерного терроризма.

3. Электрохимический процесс регенерации топлива [6].

Регенерация топлива - это процесс переработки отработавшего ядерного топлива с целью его повторного использования. Существует несколько способов проведения данной технологии переработки при использовании моонитридного топлива. Однако все они отличаются высокой самозащищенностью ядерных материалов.

При использовании электрохимического процесса регенерации топлива улучшенному режиму нераспространения способствуют ряд факторов:

– потенциалы выделения урана и плутония на катоде приблизительно равны (2,34 и 2,52 В), поэтому практически невозможно выделить чистый плутоний. При реализации любых способах электролиза на катоде будет происходить выделение обоих элементов;

– при реализации данной технологии нет необходимости введения в процесс дополнительного количества плутония. Получаемый в результате реализации процесса сплав урана и плутония по своему составу близок к исходному загружаемому топливу, что уменьшает количество стадий, на которых присутствует чистый плутоний, способствуя режиму нераспространения ЯМ;

– данный процесс, помимо прочего, обладает самозащищенностью, которая базируется на высоком уровне радиационного излучения. В этом случае уменьшается вероятность несанкционированных действий по отношению к данному сплаву [7].

4. Расположение зданий БРЕСТ-ОД-300 в одном комплексе.

Расположение зданий реактора, турбоустановки, элементов комплекса пристанционного ядерного топливного цикла, мест хранения и переработки радиоактивных отходов в одном помещении, указанных на рисунке 1 [8] способствует исключению хищения отработавшего

ядерного топлива в процессе перевозки и перемещения. Применение данной компоновки зданий и сооружений АЭС уменьшают вероятность хищения ЯМ в процессе перевозки, так как перевозка ЯМ осуществляется только на начальной стадии ядерно-топливного цикла. Также более эффективной становится реализации системы физической защиты ЯО. Расположение зданий в одном комплексе дает возможность обеспечения зонального принципа разделения объектов и размещения предметов физической защиты. Возможно более эффективное использование инженерно-технических средств и системы охраны при реализации СФЗ на ядерном объекте.

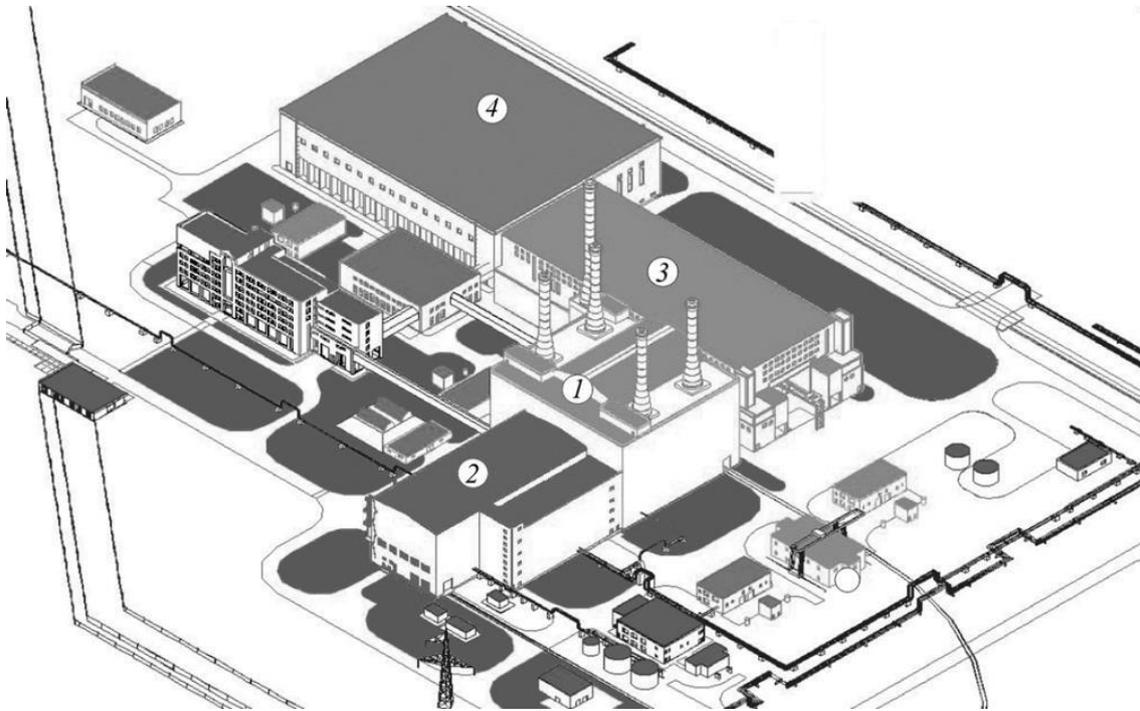


Рис. 1. Схема комплекса (1 – здание реактора, 2 – здание турбоустановки, 3 – пристанционный ядерный топливный цикл, 4 – комплекс хранения и переработки радиоактивных отходов)

Таким образом, технологии реализации работы проекта БРЕСТ-ОД-300 позволяют решить ряд задач нераспространения ЯМ и способствуют обеспечению безопасности в области использования атомной энергии. Анализ полученных сведений показал, что система безопасности данного проекта полностью отвечает требованиям, представленным в Конвенции о физической защите ЯМ и рекомендациях МАГАТЭ.

При рассмотрении технологических решений, используемых в данном типе реактора, было установлено, что помимо реализации эффективной технологии, направленной на увеличение энергетического и экономического потенциала, данный проект направлен на:

- уменьшение вероятности возникновения угроз ядерного терроризма;
- уменьшение количества РАО посредством вовлечения в цикл ЯМ, накопленных в процессе разоружения, путем реализации замкнутого топливного цикла;
- создание и реализацию эффективной системы безопасности путем построения систем ФЗ, учета и контроля ЯМ.

Список литературы:

1. Конвенция о физической защите ядерных материалов (с поправками 2007 г.).
2. Рекомендации по физической ядерной безопасности, касающиеся физической защиты ядерных материалов и ядерных установок (INFCIRC/225).
3. Б.Д. Рогозкин, Н.М. Степеннова, А.А. Прошкин Мононитридное топливо для быстрых реакторов // Атомная энергия: теоретический и научно-технический журнал, Российская академия наук; Министерство РФ по атомной энергии, ядерного общества. – М., 2003. – Т.95, вып.3 – с. 208-211.
4. Бойко В.И., Силаева М.Е. Ядерная энергия, ядерный топливный цикл и прикладные ядерные технологии, учебное пособие - МНТЦ, 2011. – 282 с.

5. Атомные электростанции высокой безопасности и экономичности с быстрым реактором со свинцовым теплоносителем БРЕСТ с пристанционным топливным циклом для крупномасштабной ядерной энергетики будущего, Открытое Акционерное общество «Ордена Ленина Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники имени Н.А. Доллежала» [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.nikiet.ru/>.
6. A.V. Lopatkin, V.V. Orlov, A.G. Sila-Novitskij, A.I. Filin, Yu.K. Bibilashvili, B.D. Rogozkin, V.F. Leont'ev Fuel cycle of BREST reactor // Atomnaya Ehnergiya - v. 89(4) - Oct 2000 - p. 308-314
7. Адамов Е.О. Белая книга ядерной энергетики, 1-е изд. – М.: ГУП НИКИЭТ, 1998.
8. «Российское атомное сообщество» - профессиональный информационно-аналитический портал атомной отрасли [Электронный ресурс]: Режим доступа: www.atomic-energy.ru.

Организация работ по выводу из эксплуатации ПУГР ФГУП «ГХК» по варианту радиационно-безопасного захоронения на месте

Гаврилов П.М.; Антоненко М.В.; Музыкантов А.А.

ФГУП «Горно-химический комбинат», г. Железногорск, Россия

1. Исходное состояние

На площадке ФГУП «ГХК» расположены три промышленных уран-графитовых реактора (ПУГР) – АД, АДЭ-1 и АДЭ-2. Реакторы вместе со вспомогательным оборудованием и коммуникациями размещены в горных выработках скального массива.

Решение о строительстве сооружений и комплекса с промышленными ядерными реакторами принято постановлением Совета Министров СССР № 826-302сс/оп от 26.02.1950 «О комбинате № 815».

ПУГР АД являлся одноцелевым проточным реактором на тепловых нейтронах. Реактор эксплуатировался с 28.08.1958. Остановлен для вывода из эксплуатации 30.06.1992.

ПУГР АДЭ-1 проектировался как энергетический, но эксплуатировался как одноцелевой и работал в проточном режиме с 20.07.1961. Остановлен для вывода из эксплуатации 29.09.1992.

ПУГР АДЭ-2 эксплуатировался с 30 января 1964 года в двухцелевом режиме, то есть кроме наработки оружейного плутония обеспечивал теплом и электрической энергией 100-тысячный город Железногорск. По межправительственному Соглашению с США остановлен 15 апреля 2010 года для вывода из эксплуатации.

Реакторы расположены в бетонных шахтах, представляющих собой выработки в горных породах, облицованные монолитным бетоном.

После останова ПУГР АД и АДЭ-1 приведены в ядерно-безопасное состояние, получены соответствующие заключения ОЯБ ФЭИ по ядерной безопасности графитовых кладок реакторов.

После останова ПУГР АДЭ-2 из активной зоны реактора выгружено все ядерное топливо, графитовая кладка приведена в ядерно-безопасное состояние. Все отработавшие ядерное топливо природного обогащения (ОСУБ) было переработано на Радиохимическом заводе ФГУП «ГХК» до 15.02.2013.

Работы по выводу из эксплуатации (ВЭ) проводились в соответствии с проектно-технической и конструкторской документацией, разработанной ОКБМ, КО ВНИПИЭТ, НИКИМТ.

На реакторах АД и АДЭ-1 выполнен основной объем работ по демонтажу систем и оборудования, по герметизации проходок через шахты реакторов, дезактивации оборудования и помещений.

2. Работы по выводу из эксплуатации ПУГР ФГУП «ГХК» в рамках ФЦП ЯРБ

С 2008 года основные работы по выводу из эксплуатации остановленных реакторов АД, АДЭ-1, ведутся в рамках п.62 федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года».

В рамках ФЦП в период времени с 2008 по 2015 год выполнены следующие работы:

- На реакторах АД и АДЭ-1 выполнена часть работ по демонтажу систем и оборудования;
- На реакторе АДЭ-2 проводилась дезактивация оборудования и помещений;
- Проведены необходимые НИОКР для обоснования концепции вывода из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов по варианту радиационно-безопасного захоронения на месте;
- Проведено комплексное инженерное и радиационное обследование (КИРО) ПУГР АДЭ-2;

- Проведено нейтронно-фотонное обследование графитовой кладки АДЭ-2 с целью дальнейшего обоснования ее ядерно-безопасного состояния и получения соответствующего заключения ОЯБ ФЭИ по ядерной безопасности.

К 2015 году будут созданы дополнительные инженерные барьеры в пределах шахты ПУГР АД (вывод из эксплуатации реактора АД запланирован на 2018 год). Работы по выводу из эксплуатации АДЭ-1 и АДЭ-2 будут проводиться последовательно, после вывода из эксплуатации реактора АД.

3. Выбор варианта вывода из эксплуатации

К 2009 году, учитывая имеющиеся результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) и технико-экономических исследований, показывающих принципиальную возможность и экономическую целесообразность создания на месте размещения промышленного уран-графитового реактора (ПУГР) объекта окончательной изоляции (захоронения) радиоактивных отходов (РАО), в качестве приоритетного варианта вывода из эксплуатации ПУГР стали рассматривать вариант радиационно-безопасного захоронения на месте.

Переход от варианта долговременного хранения к варианту захоронения, прежде всего, обусловлен отсутствием за довольно длительный временной интервал проблемно-ориентированных подходов к задаче утилизации/перезахораниваю основных радиационно-опасных конструктивных элементов реактора, в том числе содержащих просыпи топлива, а также возможностью использовать проектные решения, реализованные ранее, для варианта захоронения.

Данное направление развития стратегии ВЭ ПУГР получило всестороннюю поддержку со стороны Госкорпорации «Росатом». В 2010 году была утверждена отраслевая концепция вывода из эксплуатации ПУГР по варианту захоронения на месте.

Основными аргументами в пользу варианта радиационно-безопасного захоронения реакторов АД и АДЭ-1 на месте размещения, запатентованного ФГУП «ГХК» (Патент № 2444796 от 15.07.2010), являются: уникальное расположение реакторов в горных выработках; отсутствие научно обоснованных методов утилизации и принятой в отрасли программы по способам обращения с радиоактивно загрязненным графитом; нецелесообразность перезахоронения графитовых кладок, активность которых определяется долгоживущими радионуклидами, в специально предназначенных пунктах хранения, рассчитываемых обычно на 50 лет эксплуатации.



Рисунок 1 – Расположение промышленного реактора в горном массиве.

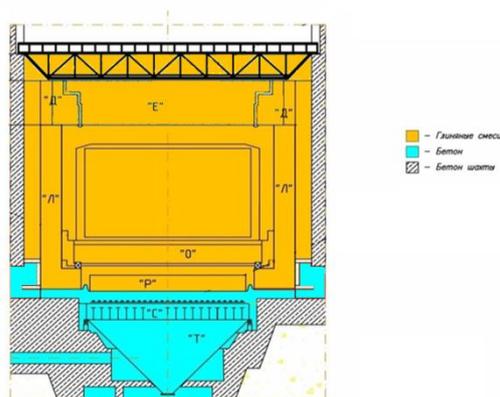


Рисунок 2 – Схема реактора с дополнительными защитными барьерами

Горный массив образует природный барьер безопасности – естественный внешний контеймент, который в совокупности с существующими и дополнительно создаваемыми защитными барьерами обеспечит выполнение современных требований по радиационной безопасности. Кроме того, горный массив выполняет функцию основного конструктивного элемента подземного сооружения, который в состоянии воспринимать значительные внешние и внутренние техногенные нагрузки и воздействия.

Реализация варианта захоронения реакторов на месте позволит локализовать и изолировать основные радиоактивно загрязненные компоненты оборудования, строительных конструкций, радиоактивные отходы в шахтах реакторов с созданием необходимых физических

барьеров безопасности, исключая доступ в зону локализации и нерегламентированный выход радиоактивных веществ в окружающую среду.

Полный демонтаж (ликвидация) конструкций и строительных сооружений ПУГР, содержащих радиоактивные вещества и материалы, удаление всех радиоактивных отходов с площадки ПУГР, а также реабилитация всей площадки ПУГР в целях дальнейшего использования, принимая во внимание специфику расположения ПУГР, представляются нецелесообразным.

Нецелесообразность ликвидации загрязненного оборудования, внутриплощадочных хранилищ РАО и других сооружений, содержащих радионуклиды, с вывозом радиоактивных материалов за пределы площадки, следует также из того, что площадки, на которых размещаются ПУГР, находятся в зоне, где уже существуют поверхностные и подземные хранилища и могильники РАО.

Согласно оценкам затрат на проведение работ по ВЭ ПУГР и накопленному опыту вывод из эксплуатации ПУГР по варианту захоронения требует меньших, по сравнению с вариантом «ликвидация», трудо- и дозозатрат и является более приемлемым по материально-техническим соображениям и срокам выполнения работ.

Обеспечение безопасности захоронения ПУГР следует из принятых в отрасли принципов обеспечения безопасности при обращении с радиоактивными отходами.

Безопасность системы захоронения РАО (долговременная безопасность) должна обеспечиваться на основе реализации принципа многобарьерности, основанного на применении системы барьеров на пути распространения ионизирующего излучения и радиоактивных веществ в окружающую среду, чтобы нарушение целостности одного из барьеров или вероятные внешние события природного или техногенного происхождения не привели к недопустимому снижению уровня безопасности системы захоронения РАО.

Принцип глубоко эшелонированной (многобарьерной) защиты при ВЭ ПУГР предусматривает сочетание существующих барьеров (кожух, металлоконструкции, бетонная шахта, окружающая выработку горная порода) и вновь создаваемых защитных барьеров (засыпка глиной, бетонирование подреакторного пространства, перекрытие, герметизирующее шахту реактора).

В настоящее время проводятся прогнозные расчеты для оценки безопасности захоронения ПУГР, а также выполняется оценка их воздействия на окружающую среду и население на весь период потенциальной опасности.

4. Этапы вывода из эксплуатации ПУГР ФГУП «ГХК»

- Выгрузка топлива и приведение установки в ядерно-безопасное состояние.
- Демонтаж оборудования за пределами реактора с целью создать условия для последующего заполнения конструкции реактора изолирующим материалом.
- Бетонирование подреакторного пространства армированным гидроизоляционным бетоном.
- Последовательное заполнение всех полостей и локальных пустот шахты реактора мелкодисперсной композицией на основе глинистых минералов.
- Заполнение природными материалами минерального происхождения помещений, прилегающих к реакторной установке.
- Создание контрнатяжения завершается сооружением верхнего перекрытия.

5. Результат реализации проекта

- В конечном состоянии реактор будет защищён многобарьерной системой, обеспечивающей надёжную изоляцию радионуклидов от окружающей среды.
- Экономическая эффективность – более 1 миллиарда рублей на одну установку (с учетом затрат на сооружение региональных хранилищ ТРО при реализации варианта «ликвидация»).

6. Риски отложенного решения

Вывод из эксплуатации является обязательным этапом жизненного цикла реакторных установок. Отказ от деятельности по выводу из эксплуатации окажет негативное влияние на окружающую среду, в особенности для будущих поколений, так как неизбежно приведёт к постепенной утрате защитных функций существующих барьеров безопасности: металлоконструкций реактора и строительных конструкций, что в свою очередь увеличивает риски распространения радиоактивных веществ за пределы промышленной площадки ФГУП «ГХК».

7. Награды, полученные ФГУП «ГХК» за патент № 2444796 с приоритетом от 15.07.2010 «Способ вывода из эксплуатации канального уран-графитового ядерного реактора».

- 2013 год - на международном конкурсе «Национальная безопасность», прошедшем в Москве, ФГУП «ГХК» получило диплом и медаль;
- 2013 год - на XVI Московском международном салоне изобретений и инновационных технологий «Архимед - 2013» ФГУП «ГХК» получило золотую медаль;
- 2013 год - в Женеве на 41-й международной выставке изобретений «INVENTIONS GENEVA» в категории энергетика ФГУП «ГХК» получило золотую медаль.

Список литературы:

1. Актуализированными концепция вывода из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов по варианту радиационно-безопасного захоронения на месте № 106000/0000130008-АД.
2. Актуализированными концепция вывода из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов по варианту радиационно-безопасного захоронения на месте № 106000/0000130008-АДЭ-1.
3. Актуализированными концепция вывода из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов по варианту радиационно-безопасного захоронения на месте № 106000/0000130008-АДЭ-2.
4. Санитарные правила обеспечения радиационной безопасности при выводе из эксплуатации промышленных реакторов, СП ВЭ ПР-2001.
5. Безопасность при обращении с радиоактивными отходами. Общие положения. НП-058-04.

Оценка возможных погрешностей при определении эффективной температуры топлива

Кан А.Ю., Кузьмин А.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В работе [1] предложена методика расчета эффективной температуры топлива, необходимой для оценки мощностного эффекта и мощностного коэффициента реактивности – важнейших показателей надёжности и безопасности эксплуатации ядерного реактора. Для определения этой характеристики в соответствии с современными методиками теплового расчета ядерного реактора возникает необходимость определения гидравлического диаметра бесконечной решетки тепловыделяющих стержней. Рекомендуемые расчетные формулы для гидравлического диаметра [2] ориентированы на единственный элементарный тип эквивалентной ячейки, что не всегда согласуется с требованиями нейтронно-физического расчета. Другая проблема связана с оценкой эффективности параболической аппроксимации точного решения для температуры топливного сердечника в виде модифицированной функции Бесселя.

Целью данной работы является оценка возможных погрешностей, связанных с разными трактовками эквивалентных ячеек и с использованием параболической аппроксимации в определении эффективной температуры топлива.

Рассмотрим смысл гидравлического диаметра бесконечной решетки стержней. В справочнике [2] предложены следующие формулы:

для бесконечной квадратной решётки

$$d_{\bar{a}} = d_{\circ} \cdot \left(\frac{4x^2}{\pi} - 1 \right) = d_{\circ} \cdot \left(\frac{\dot{a}^2}{\pi d_{\circ}^2 / 4} - 1 \right) = d_{\circ} \cdot \left(\frac{V_{\dot{y}\dot{y}}}{V_{\dot{\circ} \dot{a}\dot{y}\dot{e}}} - 1 \right);$$

для бесконечной треугольной или гексагональной решётки

$$d_{\bar{a}} = d_{\circ} \cdot \left(\frac{2\sqrt{3}x^2}{\pi} - 1 \right) = d_{\circ} \cdot \left(\frac{\sqrt{3}/2 \cdot \dot{a}^2}{\pi d_{\circ}^2 / 4} - 1 \right) = d_{\circ} \cdot \left(\frac{V_{\dot{y}\dot{y}}}{V_{\dot{\circ} \dot{a}\dot{y}\dot{e}}} - 1 \right),$$

где $V_{\dot{y}\dot{y}}$ – объём элементарной макроячейки, $V_{\dot{\circ} \dot{a}\dot{y}\dot{e}}$ – объём твэла на 1 см высоты активной зоны.

Таким образом, расчетная формула для гидравлического диаметра примет вид

$$d_{\bar{a}} = d_{\circ} \cdot \frac{V_{\text{H}_2\text{O}}}{V_{\dot{\circ} \dot{a}\dot{y}\dot{e}}},$$

в которой $V_{\text{H}_2\text{O}}$ – объём воды в элементарной микроячейке.

Данная формула в принципе вытекает из водоуранового отношения для элементарной эквивалентной ячейки: на один твэл приходится объём воды, определяемый заданным размером твэла и шагом решетки.

В нашем случае водоурановое отношение определяется для эквивалентной макроячейки, включающей всю ТВС с водяным межкассетным зазором.

На величину максимальной температуры стенки твэла t_{cm}^{max} влияет выбор определения определяющего размера, обычно гидравлический диаметр d_c . При определении d_c с учетом и без учета водяного зазора между кассетами погрешность в определении t_{cm}^{max} составляет меньше 0,5%, которой можно пренебречь.

При распределении тепловыделения по радиусу цилиндрического твэла в виде модифицированной функции Бесселя при постоянной теплопроводности ($\lambda_m = const$) температура в сердечнике определяется формулой [2]

$$t_m(r) = t_{cep} + \frac{q_l}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_m} \cdot \frac{I_0(\chi \cdot r_m) - I_0(\chi \cdot r)}{\chi \cdot r_m \cdot I_1(\chi \cdot r_m)}. \quad (1)$$

Приближенно данное выражение можно записать в виде [1]:

$$t_m(r) = t_{cep} + \frac{q_l}{4 \cdot \pi \cdot \lambda_m} \cdot \frac{1 - \left(\frac{r}{r_m}\right)^2 + \frac{\chi^2 \cdot r_m^2}{16} \cdot \left[1 - \left(\frac{r}{r_m}\right)^4\right]}{1 + \frac{\chi^2 \cdot r_m^2}{8}}, \quad (2)$$

где t_{cep} - температура поверхности топливного сердечника [3], °C; q_l - средний линейный тепловой поток [3], кВт/м; r_m - диаметр топливного сердечника [3], мм; $\chi = 1/L_0$ - материальный параметр, см⁻¹; L_0 - длина диффузии, см.

L_0 принимается равным среднему значению, соответствующее горячему состоянию реактора [4], т.е. $Q_p = 3000 \text{ Вт}$; $\tilde{N}_{\hat{\lambda}} = 8,01 \text{ а/а}$; все ОР СУЗ на ВКВ.

При известных величинах выражения (1) и (2) соответственно примут вид:

$$t_m(r) = 536 + \frac{15,9}{2 \cdot 3,14 \cdot 4,07} \cdot \frac{I_0(0,2489 \cdot 4,55) - I_0(0,2489 \cdot r)}{0,2489 \cdot 4,55 \cdot I_1(0,2489 \cdot 4,55)} \approx \\ \approx 536 + \frac{15,9}{4 \cdot 3,14 \cdot 4,07} \cdot \frac{1 - \left(\frac{r}{4,55}\right)^2 + \frac{0,2489^2 \cdot 4,55^2}{16} \cdot \left[1 - \left(\frac{r}{4,55}\right)^4\right]}{1 + \frac{0,2489^2 \cdot 4,55^2}{8}}.$$

При постоянной теплопроводности распределение температуры также можно представить как параболическое:

$$t_m(r) = t_{cep} + \frac{q_v}{4 \cdot \lambda_m} \cdot (r_m^2 - r^2), \quad (3)$$

где q_v - объемное тепловыделение в сердечнике:

$$q_v = \frac{q_l}{\pi \cdot r_\delta^2} = \frac{15,9 \cdot 10^3}{3,14 \cdot (4,55 \cdot 10^{-3})^2} = 244,5 \text{ МВт/м}^3.$$

Тогда

$$t_m(r) = 536 + \frac{244,5}{4 \cdot 4,07} \cdot (4,55^2 - r^2).$$

Для наглядности построим (1), (2) и (3) на одном графике.

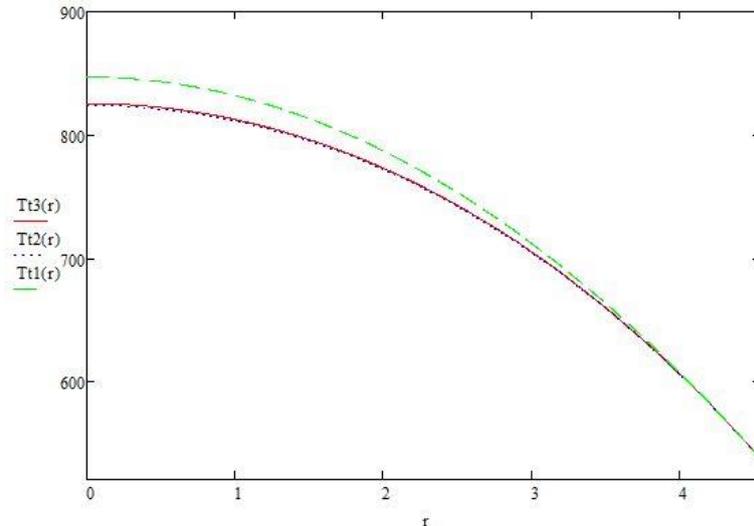


Рис. 1. Распределение температуры в сердечнике ТВЭЛА

Пунктирной линией показано параболическое распределение температуры в сердечнике твэла (выражение (3)), сплошной - при приближенном бесселевском (выражение (2)), точечной - при точном бесселевском (выражение (1)).

Эффективная температура топлива определяется по формуле:

$$t_{эф} = t_{cm}^{max} + 0,4 \cdot (t_m^{max} - t_{cm}^{max}),$$

где t_{cm}^{max} - максимальная температура стенки твэла, °С;

t_m^{max} - максимальная температура сердечника твэла (при $r = 0$), °С.

Процесс определения эффективной температуры топлива итерационный. В первом приближении при $\lambda_{\delta} = 4,07$ Вт/(м·К) [5] для всех трех случаев t_m^{max} будет соответственно равна:

$$t_{\delta 1}^{max}(0) = 536 + \frac{15,9}{2 \cdot 3,14 \cdot 4,07} \cdot \frac{I_0(0,2489 \cdot 4,55) - I_0(0,2489 \cdot 0)}{0,2489 \cdot 4,55 \cdot I_1(0,2489 \cdot 4,55)} = 824 \text{ °С};$$

$$t_{\delta 2}^{max}(0) = 536 + \frac{15,9}{4 \cdot 3,14 \cdot 4,07} \cdot \frac{1 - \left(\frac{0}{4,55}\right)^2 + \frac{0,2489^2 \cdot 4,55^2}{16} \cdot \left[1 - \left(\frac{0}{4,55}\right)^4\right]}{1 + \frac{0,2489^2 \cdot 4,55^2}{8}} = 825,4 \text{ °С};$$

$$t_{\delta 3}^{max}(0) = 536 + \frac{244,5}{4 \cdot 4,07} \cdot (4,55^2 - 0^2) = 846,9 \text{ °С}.$$

Погрешность определения t_m^{max} между точным и приближенным бесселевским распределением равна:

$$\Delta_{12} = \left| \frac{t_{m1}^{max}(0) - t_{m2}^{max}(0)}{t_{m1}^{max}(0)} \right| \cdot 100\% = \left| \frac{824 - 825,4}{824} \right| \cdot 100\% = 0,17\%.$$

Погрешность определения t_m^{max} между точным бесселевским и параболическим распределением равна:

$$\Delta_{13} = \left| \frac{t_{m1}^{max}(0) - t_{m3}^{max}(0)}{t_{m1}^{max}(0)} \right| \cdot 100\% = \left| \frac{824 - 846,9}{824} \right| \cdot 100\% = 2,8\%.$$

Далее определим значение эффективной температуры для каждого случая:

$$t_{\delta 1}^1 = 301,5 + 0,4 \cdot (824 - 301,5) = 510,5 \text{ °С}; \quad t_{\delta 2}^1 = 301,5 + 0,4 \cdot (825,4 - 301,5) = 511,1 \text{ °С};$$

$$t_{\delta 3}^1 = 301,5 + 0,4 \cdot (846,9 - 301,5) = 519,7 \text{ °С}.$$

Погрешности определения эффективной температуры составляют:

$$\Delta_{12}^{\text{эф}} = \left| \frac{t_{\text{эф}1} - t_{\text{эф}2}}{t_{\text{эф}1}} \right| \cdot 100\% = \left| \frac{510,5 - 511,1}{510,5} \right| \cdot 100\% = 0,11\%;$$

$$\Delta_{13}^{\text{эф}} = \left| \frac{t_{\text{эф}1} - t_{\text{эф}3}}{t_{\text{эф}1}} \right| \cdot 100\% = \left| \frac{510,5 - 519,7}{510,5} \right| \cdot 100\% = 1,8\%.$$

Примем $t_{\text{y}\delta 1} = \bar{t}_{\text{н}\delta\delta 1} = 510,5 \text{ } ^\circ\text{C}$. Этому значению температуры соответствует $\lambda_{\delta 1} = 4,24$ Вт/(м·К). Соответственно $t_{\text{y}\delta 2} = \bar{t}_{\text{н}\delta\delta 2} = 511,1 \text{ } ^\circ\text{C}$; $\lambda_{\delta 2} = 4,23$ Вт/(м·К);

$$t_{\text{y}\delta 3} = \bar{t}_{\text{н}\delta\delta 3} = 519,7 \text{ } ^\circ\text{C}; \lambda_{\delta 3} = 4,20 \text{ Вт/(м·К)}.$$

Повторим расчет. Промежуточные значения занесем в Таблицу 1.

Таблица 1. Таблица промежуточных значений

Параметры	Номер итерации		
	1	2	3
$\bar{t}_{\text{н}\delta\delta 1}, \text{ } ^\circ\text{C}$	536	510,5	505,9
$\bar{t}_{\text{н}\delta\delta 2}, \text{ } ^\circ\text{C}$	536	511,1	506,7
$\bar{t}_{\text{н}\delta\delta 3}, \text{ } ^\circ\text{C}$	536	519,7	515,8
$\lambda_{\delta 1}, \text{ Вт/(м·К)}$	4,07	4,29	4,32
$\lambda_{\delta 2}, \text{ Вт/(м·К)}$	4,07	4,28	4,31
$\lambda_{\delta 3}, \text{ Вт/(м·К)}$	4,07	4,20	4,27
$t_{\delta 1}^{\text{max}}(0), \text{ } ^\circ\text{C}$	824	812,5	807,3
$t_{\delta 2}^{\text{max}}(0), \text{ } ^\circ\text{C}$	825,4	814,5	809,3
$t_{\delta 3}^{\text{max}}(0), \text{ } ^\circ\text{C}$	846,9	837,3	832,3
$\Delta_{12}, \text{ } \%$	0,17	0,25	0,24
$\Delta_{13}, \text{ } \%$	2,80	3,1	3,1
$t_{\text{y}\delta 1}, \text{ } ^\circ\text{C}$	510,5	505,9	503,8
$t_{\text{y}\delta 2}, \text{ } ^\circ\text{C}$	511,1	506,7	504,6
$t_{\text{y}\delta 3}, \text{ } ^\circ\text{C}$	519,7	515,8	513,8
$\Delta_{12}^{\text{эф}}, \text{ } \%$	0,11	0,16	0,16
$\Delta_{13}^{\text{эф}}, \text{ } \%$	1,80	2,0	1,96
$\Delta_1^{\text{ум}}, \text{ } \%$	-	0,90	0,40
$\Delta_2^{\text{ум}}, \text{ } \%$	-	0,86	0,41
$\Delta_3^{\text{ум}}, \text{ } \%$	-	0,74	0,38

Относительная погрешность в определении эффективной температуры между тепловыделениями в виде функций Бесселя, точной и приближенной, составляет 0,16%, что говорит о практической возможности использования обоих способов решения. Однако, если сравнивать параболическое и точное бесселевское тепловыделения, то выбор варианта расчета эффективной температуры будет зависеть от постановки исходной задачи, так как относительная погрешность составляет 1,96%.

Таким образом, проведенная оценка погрешностей, связанных с разной трактовкой определения гидравлического диаметра и с применением параболических аппроксимаций в расчете эффективной температуры, не вносят существенных погрешностей.

Список литературы:

1. Кан А.Ю., Кузьмин А.В. Определение эффективной температуры топлива реактора на тепловых нейтронах. Энергетика: Эффективность, надежность, безопасность: материалы XIX Всероссийской научно-технической конференции /Томский политехнический университет, 4-6 декабря 2013 – Томск: Изд-во ООО «Скан», 2013. Т. II. – 434 с (с.146-148).
2. Кириллов П.Л., Юрьев Ю.С., Бобков В.П. Справочник по теплогидравлическим расчетам: (Ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы). Под общ. ред. П.Л. Кириллова. М.: Энергоатомиздат, 1984. 296с.
3. Афров А.М. ВВЭР-1000: физические основы эксплуатации, ядерное топливо, безопасность. - М.:Логос, 2006. 488с.
4. Синяткин Е.Ю. Выпускная квалификационная работа «Определение характеристик топливной загрузки ВВЭР-1000 на текущую микрокампанию различными методами». г. Томск, 2014. 127с.
5. Кириллов П.Л., Терентьева М.И., Денискина Н.Б. Теплофизические свойства материалов ядерной техники: Учебное справочное пособие для студентов специальностей: 14.03.05 – Ядерные реакторы и энергетические установки, 14.04.04 – Атомные электрические станции и установки / Под общ. ред. проф. П.Л. Кириллова; 2-е изд. перераб. и доп. – М.: ИздАт, 2007. – 200 с.

Корректировка групповых ядерно-физических констант ^{238}U по возрасту нейтронов деления до индиевого резонанса

Кузьмин А.В., Южаков А.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Приводится алгоритм расчета возраста замедляющихся нейтронов в среде ^{238}U , имеющего наибольшее поглощение в резонансной области при замедлении нейтронов деления до энергии индиевого резонанса. Расчёт проводился без учёта деления ^{238}U и сравнивался с имеющимися оценками.

Возраст связан с миграцией быстрых нейтронов в процессе замедления. Эта характеристика важна при расчете размеров активной зоны ядерного реактора, так как она определяет утечку замедляющихся нейтронов. По согласованию теоретического и экспериментального определения возраста можно судить о правильности выбора ядерно-физических констант. Ядерно-физические константы в основном предназначены для инженеров-физиков при проектировании и эксплуатации ядерных реакторов и нейтронной защиты. Эти характеристики постоянно обновляются с получением новых экспериментальных и теоретических результатов и обобщаются в соответствующих справочниках и библиотеках баз данных.

В работах по расчету возраста в графите [1] и в натрии [2] использовались групповые константы [3], позволившие получить результаты, хорошо согласующие либо с прямыми измерениями, либо с расчетами по ранее установленным групповым константам [4]. Особенностью замедления нейтронов в среде натрия явилось резонансное упругое рассеяние, представленное в 28-групповой системе констант единственным резонансом. Особенностью замедления нейтронов в среде ^{238}U является резонансное поглощение (рис. 1). Целью настоящей работы является оценка различных версий многогруппового описания замедления нейтронов в среде ^{238}U – наиболее сильного резонансного поглотителя активной зоны ядерного реактора на тепловых нейтронах.

Область определения возраста принята от средней энергии спектра нейтронов деления ^{235}U равного $E_0 = 2 \text{ МэВ}$ до энергии индиевого резонанса $E_{\text{ин}} = 1,46 \text{ эВ}$, то есть в диапазоне замедления нейтронов в тепловом реакторе.

Основные энергетические характеристики групп [3] представлены в табл.1, где \bar{i} – означает среднее значение летаргии в группе.

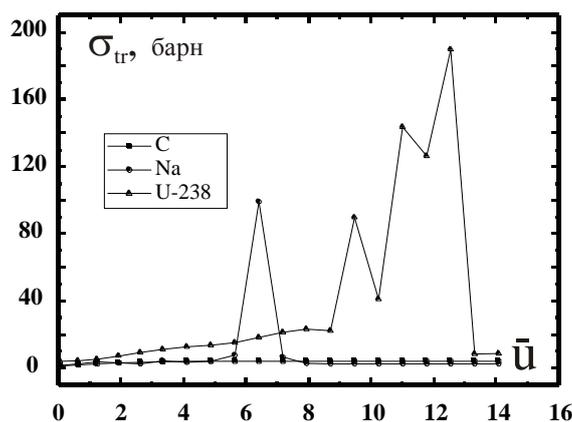


Рис. 1. Микроскопические транспортные сечения углерода, натрия и урана ^{238}U в зависимости от среднего значения лётаргии в группах

Таблица 1. Разбиение энергии нейтронов в 28 групповой системе констант

Группа	E_n	\bar{u}	Группа	E_n	\bar{u}
-1	14,5–14,0·МэВ	-1,96361	13	4,65–2,15·кэВ	6,37713
0	14,0–10,5·МэВ	-1,81238	14	2,15–1,0·кэВ	7,14665
1	10,5–6,5·МэВ	-1,44692	15	1,0–0,465·кэВ	7,91219
2	6,5–4,0 МэВ	-0,96508	16	465–215·эВ	8,67971
3	4,0–2,5·МэВ	-0,48551	17	215–100·эВ	9,44923
4	2,5–1,4·МэВ	0,02532	18	100–46,5·эВ	10,21478
5	1,4–0,8·МэВ	0,59784	19	46,5–21,5·эВ	10,98230
6	0,8–0,4·МэВ	1,20397	20	21,5–10,0·эВ	11,75182
7	0,4–0,2·МэВ	1,89712	21	10,0–4,65·эВ	12,51736
8	0,2–0,1 МэВ	2,59027	22	4,65–2,15·эВ	13,28488
9	100,0–46,5·кэВ	3,30702	23	2,15–1,0·эВ	14,05440
10	46,5–21,5·кэВ	4,07454	24	1,0–0,465·эВ	14,81995
11	21,5–10,0·кэВ	4,84406	25	0,465–0,215·эВ	15,58747
12	10,0–4,65·кэВ	5,60961	T	0,0253 эВ	18,18561

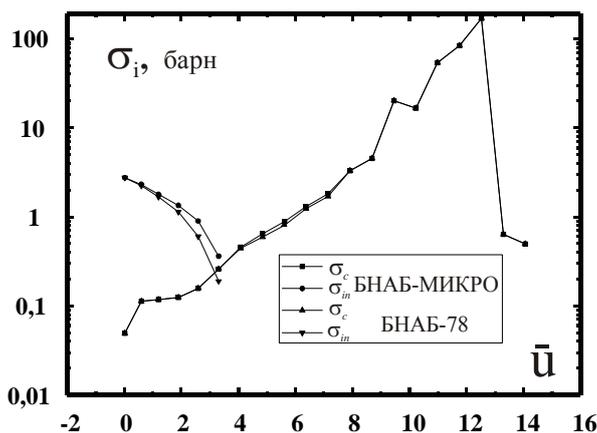


Рис. 2. Корректировка сечений радиационного захвата и неупругого рассеяния ^{238}U в БНАБ-78

Для ^{238}U приведены две библиотеки констант: БНАБ-МИКРО и БНАБ-78, являющиеся результатом обработки нейтронных данных, полученных до 1977 года в существующих ядерных центрах. Основные расхождения в расчетно-экспериментальных данных касались групповых

сечений реакций $(n, 2n)$, $(n, 3n)$, (n, α) , (n, p) , которые включались в сечения неупругого рассеяния σ_{in} и соответственно в сечение радиационного захвата σ_c (рис.2).

Другие групповые константы в обеих библиотеках оставались равными и имели следующий качественный характер (рис.3). Средний косинус угла рассеяния μ в области малых энергий постоянен и $\mu \approx 2/3A$, а в области больших энергий заметно возрастает. Зависимость средней логарифмической потери энергии нейтрона за одно соударение (среднелогарифмический декремент) ζ от энергии примерно до летаргии $u \approx 2,5$ остаётся постоянной, а затем снижается. Сечение увода нейтрона из группы $\sigma_R^{(i)}$ определяется сечением упругого замедления $\sigma_3^{(i)}$, т.е. принимается $\sigma_R^{(i)} \equiv \sigma_3^{(i)}$.

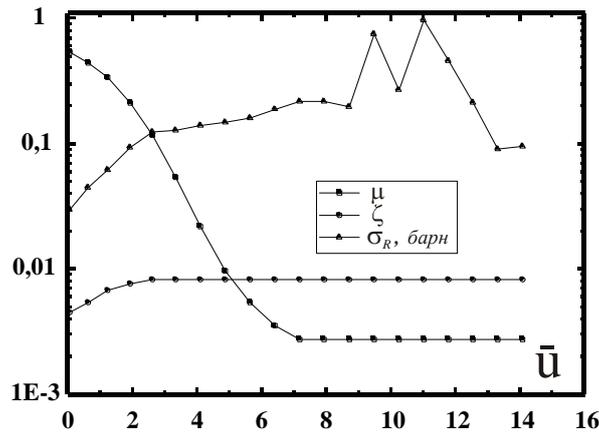


Рис. 3. Зависимость среднего косинуса угла рассеяния, средней логарифмической потери энергии и сечения увода из группы для ^{238}U

Согласно теории метода групп [5] возраст нейтронов в i -ой группе определяется из следующей формулы:

$$\tau_i = \frac{D^{(i)}}{N \cdot (\sigma_a^{(i)} + \sigma_R^{(i)})}, \quad (1)$$

где $N=0,0473 \cdot 10^{24} \text{ см}^{-3}$ – ядерная концентрация ^{238}U плотностью $18,7 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$; $\sigma_a^{(i)} = \sigma_c^{(i)} + \sigma_{in}^{(i)}$ – сечение поглощения; $\sigma_a^{(i)} + \sigma_R^{(i)}$ – действующее сечение замедления [3].

Коэффициент диффузии нейтронов в группе определяется выражением:

$$D^{(i)} = \frac{1}{3 \cdot \Sigma_{tr}^{(i)}} = \frac{1}{3 \cdot N \sigma_{tr}^{(i)}}, \quad (2)$$

где $\sigma_{tr}(u) = \sigma_c(u) + \sigma_{in}(u) + \sigma_s(u) \cdot (1 - \mu(u))$ – транспортное сечение ^{238}U .

Необходимые для расчета возраста групповые константы [3] представлены в табл. 2-3.

Таким образом, формулы (1), (2) позволяют провести расчет возраста в каждой энергетической группе. Поскольку нас интересует область замедления, которая моделировалась в экспериментах по определению возраста в графите [1]: диапазон летаргий $u = 0 \dots 14,125$, соответствующий пути замедления от $E_0 = 2 \text{ МэВ}$ до энергии индиевого резонанса $E_{in} = 1,46 \text{ эВ}$, то результаты расчета возраста нейтронов в ^{238}U по группам, представленные в табл. 4, охватывают только этот диапазон энергий.

Поскольку требуемые границы являются только частью 4 и 23 групп, то необходимо сделать правку значений возраста, используя простую интерполяцию. Так как в диапазоне 4 группы с энергией $2,5 \dots 1,4 \text{ МэВ}$ возраст нейтронов при замедлении в этом интервале энергий равен $\tau_1 = 11,496 \text{ см}^2$, то, очевидно, что в интервале $2,0 \dots 1,4 \text{ МэВ}$ возраст будет иметь значение

равное 6,271 см², а в последней группе 16,59 см².

Таблица 2. Основные групповые константы ²³⁸U по данным БНАБ-МИКРО

Группа \bar{u}	σ_c , барн	σ_{in} , барн	σ_s , барн	μ	ζ	σ_R , барн	σ_{tr} барн
0,02532	0,0491	2,7657	3,8481	0,5478	0,0046	0,0304	4,55491
0,59784	0,1125	2,3218	4,6521	0,448	0,0055	0,0456	5,00226
1,20397	0,1177	1,7891	6,3201	0,3431	0,0069	0,0632	6,05847
1,89712	0,1253	1,3527	8,4249	0,2161	0,0078	0,0952	8,08228
2,59027	0,1585	0,9046	10,4679	0,1187	0,0084	0,1267	10,28846
3,30702	0,2616	0,3637	11,9457	0,0548	0,0084	0,1302	11,91638
4,07454	0,459	0	13,005	0,0222	0,0084	0,1418	13,17529
4,84406	0,65	0	13,83	0,0098	0,0084	0,1507	14,34447
5,60961	0,89	0	14,99	0,0055	0,0084	0,1634	15,79756
6,37713	1,31	0	17,64	0,0036	0,0084	0,1923	18,8865
7,14665	1,83	0	20,36	0,0028	0,0084	0,2219	22,13299
7,91219	3,32	0	20,4	0,0028	0,0084	0,2224	23,66288
8,67971	4,55	0	18,48	0,0028	0,0084	0,2014	22,97826
9,44923	20,3	0	70,2	0,0028	0,0084	0,7652	90,30344
10,21478	16,6	0	25,1	0,0028	0,0084	0,2736	41,62972
10,9823	54,2	0	90,3	0,0028	0,0084	0,9843	144,24716
11,75182	84,1	0	43	0,0028	0,0084	0,4687	126,9796
12,51736	170,5	0	19,9	0,0028	0,0084	0,2169	190,34428
13,28488	0,641	0	8,455	0,0028	0,0084	0,0922	9,07233
14,0544	0,496	0	8,882	0,0028	0,0084	0,0968	9,35313

В этой и в последующей таблице выделены значения групповых констант микроскопических эффективных сечений радиационного захвата σ_c и неупругого рассеяния σ_{in} , отличающиеся в разных библиотеках.

Таблица 3. Основные групповые константы ²³⁸U по данным БНАБ-78

Группа \bar{u}	σ_c , барн	σ_{in} , барн	σ_s , барн	μ	ζ	σ_R , барн	σ_{tr} барн
0,02532	0,0491	2,7657	3,8481	0,5478	0,0046	0,0304	4,55491
0,59784	0,1125	2,248	4,6521	0,448	0,0055	0,0456	5,00226
1,20397	0,1177	1,689	6,3201	0,3431	0,0069	0,0632	6,05847
1,89712	0,1253	1,14	8,4249	0,2161	0,0078	0,0952	8,08228
2,59027	0,1585	0,607	10,4679	0,1187	0,0084	0,1267	10,28846
3,30702	0,2616	0,191	11,9457	0,0548	0,0084	0,1302	11,91638
4,07454	0,445	0	13,005	0,0222	0,0084	0,1418	13,17529
4,84406	0,597	0	13,83	0,0098	0,0084	0,1507	14,34447
5,60961	0,814	0	14,99	0,0055	0,0084	0,1634	15,79756
6,37713	1,24	0	17,64	0,0036	0,0084	0,1923	18,8865
7,14665	1,7	0	20,36	0,0028	0,0084	0,2219	22,13299
7,91219	3,32	0	20,4	0,0028	0,0084	0,2224	23,66288
8,67971	4,55	0	18,48	0,0028	0,0084	0,2014	22,97826
9,44923	20,3	0	70,2	0,0028	0,0084	0,7652	90,30344
10,21478	16,6	0	25,1	0,0028	0,0084	0,2736	41,62972
10,9823	54,2	0	90,3	0,0028	0,0084	0,9843	144,24716
11,75182	84,1	0	43	0,0028	0,0084	0,4687	126,9796
12,51736	170,5	0	19,9	0,0028	0,0084	0,2169	190,34428
13,28488	0,641	0	8,455	0,0028	0,0084	0,0922	9,07233
14,0544	0,496	0	8,882	0,0028	0,0084	0,0968	9,35313

Таблица 4. Результаты расчетов возраста в группах по разным библиотекам констант

Группа	E_n	БНАБ-МИКРО		БНАБ-78	
		D_i , см	τ_i , см ²	D_i , см	τ_i , см ²
4	2,5–1,4·МэВ	1,54717	11,49645	1,54717	11,49645
5	1,4–0,8·МэВ	1,40881	12,01036	1,4299	12,56411
6	0,8–0,4·МэВ	1,1632	12,48323	1,18274	13,37243
7	0,4–0,2·МэВ	0,87193	11,7176	0,8955	13,91574
8	0,2–0,1 МэВ	0,68496	12,17116	0,70537	16,71442
9	100,0–46,5·кэВ	0,59139	16,54923	0,60009	21,76872
10	46,5–21,5·кэВ	0,53488	18,82203	0,53545	19,29159
11	46,5–21,5·кэВ	0,49128	12,97186	0,49311	13,94287
12	10,0–4,65·кэВ	0,4461	8,9531	0,44825	9,69591
13	4,65–2,15·кэВ	0,37314	5,25108	0,37452	5,5282
14	2,15–1,0·кэВ	0,3184	3,28065	0,32028	3,52325
15	1,0–0,465·кэВ	0,29782	1,77742	0,29782	1,77742
16	465–215·эВ	0,30669	1,36464	0,30669	1,36464
17	215–100·эВ	0,07804	0,07832	0,07804	0,07832
18	100–46,5·эВ	0,16928	0,2121	0,16928	0,2121
19	46,5–21,5·эВ	0,04886	0,01872	0,04886	0,01872
20	21,5–10,0·эВ	0,0555	0,01387	0,0555	0,01387
21	10,0–4,65·эВ	0,03702	0,00459	0,03702	0,00459
22	4,65–2,15·эВ	0,77678	22,39832	0,77678	22,39832
23	2,15–1,0·эВ	0,75346	26,87146	0,75346	26,87146

В результате расчетов возраста по данным библиотекам видны расхождения с 5 по 14 группы.

Сложение всех составляющих τ_i с учетом правки в 4 и в 23 группах даёт следующее значение возраста по рекомендуемой библиотеке групповых констант БНАБ-78:

$$\sum \tau_i^{2 \text{ МэВ} \dots 1,46 \text{ эВ}} = 177,53 \text{ см}^2. \text{ Значение возраста по данным БНАБ-МИКРО получилось равным}$$

$$\sum \tau_i^{2 \text{ МэВ} \dots 1,46 \text{ эВ}} = 161,43 \text{ см}^2 \text{ и отличается от значения возраста по данным БНАБ-78 на } -9\%.$$

В [4,6] приводится оценка по возрасту в ^{238}U , которая была получена ФЭИ ещё до 1969 года. Согласно результатам ФЭИ возраст нейтронов в ^{238}U при замедлении в принятом интервале энергий получился равным $288,6 \text{ см}^2$, то есть с заметным превышением на 38,5%.

Заключение

В работе проведен расчет возраста нейтронов в ^{238}U без учета деления в диапазоне летаргий $u = 0 \dots 14,125$, который соответствует пути замедления от средней энергии спектра нейтронов деления ^{235}U равного $E_0 = 2 \text{ МэВ}$ до энергии индиевого резонанса $E_{\text{in}} = 1,46 \text{ эВ}$.

Расчет возраста проводился многогрупповым методом с применением библиотек БНАБ-МИКРО и БНАБ-78 [3]. Кроме того были использованы результаты расчетов ФЭИ [4]. Таким образом, проведен сравнительный анализ трёх систем констант, по которым найденные значения возраста нейтронов в ^{238}U сильно расходятся.

Библиотека БНАБ-78 на данный момент считается наиболее достоверной системой констант, рекомендуемой к практике расчетов ядерных реакторов и нейтронной защиты. Однако заметное отличие в результатах проведенного расчета и отсутствие прямых экспериментальных данных по возрасту нейтронов в ^{238}U говорят о всё ещё недостаточной точности ядерно-физических констант библиотеки БНАБ-78 и необходимости дальнейших уточнений.

Список литературы:

1. Кузьмин А.В. К расчёту возраста нейтронов в графите. Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т.323. – №2. – С.135-139.
2. Кабанова М.А., Кузьмин А.В. Расчет возраста нейтронов деления до индиевого резонанса в натрии методом групп. В настоящем сборнике.

3. Групповые константы для расчета реакторов и защиты: Справочник / Л.П. Абагян, Н.О. Базаянц, М.Н. Николаев, А.М. Цибуля: Под ред. М.Н. Николаева. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 232 с.
4. Марченко Л.В., Сергеев Ю.А. Расчет квадрата длины замедления для различных сред в 18- и 26-групповых приближениях и их сравнение с экспериментальными данными // Бюллетень центра по ядерным данным. – М.: Атомиздат, 1969. – Вып. 6. С.319–390.
5. Основы теории и методы расчёта ядерных энергетических реакторов: Учеб. пособие для вузов / Г.Г. Бартоломей, Г.А. Бать, В.Д. Байбаков, М.С. Алхутов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 512 с., ил.
6. Кузьмин А.В. Экспериментальное и расчетное определение возраста нейтронов деления в различных средах: учеб. пособие для вузов. 1-изд. – Томск: Изд-во ТПУ. 2011. – 232 с.

УДК 629.78.064:621.039.5

Контейнер для безопасной транспортировки ядерной установки летательного аппарата*Крушенко Г.Г., Голованова В.В.***Институт вычислительного моделирования СО РАН, г. Красноярск, Россия**Сибирский государственный аэрокосмический университет, г. Красноярск, Россия*** ФГУП «Конструкторское бюро «Арсенал», г. Санкт-Петербург, Россия*

Основным источником энергоснабжения искусственных спутников Земли и космических аппаратов (КА) в настоящее время являются солнечные батареи (СБ). Однако по своей физической природе СБ являются источниками тока с нелинейным и нестационарным внутренним сопротивлением. Кроме того, их характеристики в значительной степени изменяются в процессе эксплуатации: при выходе из тени Земли охлажденные СБ генерируют максимальную энергию, которая с прогревом батареи уменьшается. Причем, со временем СБ деградируют от воздействия ионизирующего излучения космического пространства. При этом также существуют сложности раскрытия и обеспечения требуемой ориентации СБ по отношению к Солнцу, что, например убедительно показано в патенте РФ № 2509694 [1], текст которого представлен на 14-ти страницах, включая 3-х рисунков и математических выражений, а формула изобретения изложена на 55 строчках.

Из приведенного выше следует, что в настоящее время существуют проблемы применения СБ в КА, не только, исходя из их «физической» и «механической» специфики, но и при том, что одной из основных тенденций развития ракетно-космической техники является необходимость роста энергетического обеспечения КА.

Анализ альтернативных источников энергии показал, что наиболее высокоэффективным и стабильным источником энергии могут служить ядерные энергетические установки (ЯЭУ) [2]. Первой в мировой практике экспериментальной ЯЭУ стала разработанная по программе Systems for Nuclear Auxiliary Power [3] американская установка SNAP-10A, размещенная на космическом аппарате Snapshot, который был выведен на орбиту 3 апреля 1965 года. Электрическая мощность, обеспечиваемая термоэлектрическим преобразователем, составляла от 500 до 650 Вт. Реактор успешно проработал 43 дня.

Первый советский спутник типа «УС-А» с ЯЭУ был запущен 3 октября 1970 г. [4]. В качестве энергетической установки КА была использована ЯЭУ БЭС-5 мощностью 3 кВт с термоэлектрическим преобразованием тепловой энергии. За время серийного производства спутников типа «УС-А» удалось увеличить срок активного существования изделий с 45 до 120 суток, а в дальнейшем – до 300 суток. При этом были решены задачи по защите бортовой аппаратуры КА от радиационного воздействия ЯЭУ.

В настоящее время по сообщению директора, генерального конструктора НИКИЭТ (ОАО «Ордена Ленина Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники имени Н.А. Доллежаля») Ю.Г. Драгунова на состоявшейся в Обнинске с 25 по 27 июня 2014 года конференции, работы в этом направлении ведутся весьма успешно – к настоящему времени в НИКИЭТ в рамках проекта «Создание транспортно-энергетического модуля на основе ядерной энергодвигательной установки мегаваттного класса» [5] завершены испытания системы управления реактором ядерной энергодвигательной установки мегаваттного класса для космического использования.

Однако при этом важнейшим условием применения КА с ЯЭУ является обеспечение радиационной безопасности, и, в частности, этой проблеме уделена целая глава в

фундаментальной монографии специалиста в этой области, генерального директора одного из ведущих разработчиков российской космической техники ФГУП «Конструкторское Бюро "Арсенал" им. М.В. Фрунзе» [6] (Глава 4. Некоторые аспекты эксплуатации космических аппаратов с ядерными энергетическими установками; 4.1 Транспортировка и испытания КА с ядерными энергетическими установками на техническом комплексе; 4.5. Специальные требования к РКК для подготовки и запуска КА с ЯЭУ и вероятные последствия аварий при наземной эксплуатации КА с ЯЭУ и при выведении его на орбиту функционирования). В общем случае, транспортировке с завода-изготовителя на космический полигон, предшествует хранение КА ЯЭУ в заводских условиях, для чего применяется транспортировочный контейнер.

В технической литературе представлено большое количество конструкций таких контейнеров, и работы в этом направлении продолжаются. Важное значение конструкции контейнера можно усмотреть, например, в описании к патенту США № 5438597 [7], изложенного на 18 стр., включая 10 рисунков, в котором в качестве прототипов рассмотрено 25 патента США и 2 Японии.

Основываясь на анализе патентной и технической литературы была разработана оригинальная конструкция контейнера для ЯЭУ КА [8], которая схематично представлена на рис. 1.

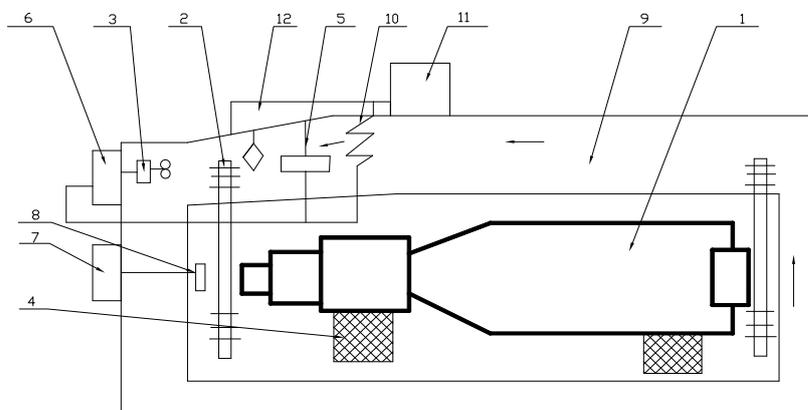


Рис. 1. Транспортировочный контейнер: 1 – ядерная энергетическая установка, 2 – термосифон, 3 – вентилятор, 4 – металлорезинный амортизатор, 5 – датчик температуры, 6 – система управления температурным режимом, 7 – система поддержания давления азота, 8 – датчик давления, 9 – газопровод, 10 – электронагреватель, 11 – энергетическая установка, 12 – компрессионная холодильная установка [8].

Внутри контейнера, заполненного азотом с давлением $1,2 \text{ кг/см}^2$, не содержатся подвижные части, а тепловой поток выносится в газопровод 9 с помощью пассивных тепловых труб, выполненных в виде термосифонов 2, где возврат теплоносителя осуществляется самотеком под действием силы тяжести. Необходимый нагрев для обеспечения температуры в контейнере выше $+5^\circ\text{C}$ (чтобы не замерз теплоноситель ЯЭУ – эвтектика Na-Ka) обеспечивается нагревателем 10 по сигналу датчика температуры 5. Питание всех потребителей энергии осуществляется от энергетической установки 11.

При необходимости, охлаждение осуществляется вентилятором 3 обдувающим оребренные конденсаторы термосифонов через испаритель холодильной машины 12.

Система позволяет поддерживать температуру $20 \pm 1^\circ\text{C}$, что является комфортными и безопасными условиями транспортировки ЯЭУ.

Система поддержания давления 7 азота внутри контейнера по сигналам датчика давления включает компрессор системы 7, обеспечивая давление порядка $1,1 \dots 1,2 \text{ кг/см}^2$.

Следует отметить, что важнейшим элементом конструкции контейнера является металлорезинный амортизатор 4, который представляет собой металлокомпозит, состоящий из металлической спирали, впрессованной в резину. Его назначение заключается в уменьшении амплитуды вибраций в широком диапазоне частот за счет трения на поверхностях спирали, что предотвращает контейнер от повреждений при транспортировке.

В работе [9] было установлено, что в результате введения в исходную «резиновую смесь» (каучук, технический углерод, кремниевая кислота, сера, масла и смолы, вулканизационные активаторы – по ГОСТ 5513-97 до 20 компонентов), используемую при производстве покрышек для большегрузных автомобилей, до 5 масс. % нанопорошка графита (средний размер частиц около 50 нм) взамен соответствующей доли технического углерода, получали резину, характеристики которой превышали таковые для «обычной» резины (Таблица 1).

Таблица 1. Влияние НП графита на свойства протекторных резин

Показатель	Резиновая смесь		
	Стандартный состав	С добавкой 5 масс. % нанопорошка графита	
		величина	прирост, %
Условное напряжение при 300 % удлинении, МПа	9,2	10,1	+ 9,78
Сопротивление многократному растяжению, 1000 циклов	80	103	+ 28,75
Сопротивление образованию трещин, 1000 циклов	219	283	+ 29,22

Базируясь на результатах работы [9], подобное исследование было выполнено при изготовлении опытных амортизаторов – и их стендовые испытания показали повышенную стойкость к вибрационным нагрузкам.

Присутствующие в объеме резины наночастицы углерода не только приводят к ее упрочнению, но и, вследствие того, что важнейшей особенностью ультрадисперсных систем является их исключительно развитая поверхность, вблизи которой находится значительная доля атомов [10], наночастицы также вносят свой антивибрационный вклад за счет уменьшения амплитуды колебаний в результате возникновения эффекта трения на их поверхностях.

Полученные результаты совпадают на качественном уровне с данными работы [11], в которой описаны положительные эффекты от введения наночастиц оксида алюминия Al_2O_3 в металлорезиновые композиты, используемые для изготовления тормозных колодок, эксплуатация которых проходит в жестких условиях, включая вибрацию.

Список литературы:

1. Патент РФ № 2509694 Способ управления ориентацией солнечной батареи космического аппарата с ограничением угла поворота солнечной батареи С1 МПК В54G1/44 Заявка № 2012150757/11 от 28.11.2012 / С.В. Гордийко, Б.Г. Бурдыгов. Бюл. 2014. № 8. – 14 с.
2. Коротеев А.С., Акимов В.Н., Гафаров А.А. Создание и перспективы применения космической ядерной энергетики в России // Полет. – 2008. – № 7. С. 3–15.
3. Schmidt G. SNAP overview. General background. February 7. 2011. 78 p. <http://anstd.ans.org/NETS2011/Schmidt.pdf>.
4. Карасев П.А. Ядерные энергетические установки в космосе // Атомная стратегия. – 2007. – № 4. С. 16–17.
5. НИКИЭТ завершил испытания системы управления реактором космической ЯЭДУ <http://www.atomic-energy.ru/news/2014/06/30/49880>.
6. Романов А.В. Теория комплексной оптимизации проектирования космических аппаратов с ядерными термоэмиссионными энергетическими установками. – СПб.: ООО «НПО «Профессионал», 2010. – 474 с.
7. US Patent 5,438,597 Container for transportation and storage of spent nuclear fuel Appl. № 131,971 Oct. 8, 1993. Int. Cl.⁶ G21F 5/012. Robert A. Lehnert, Robert D. Quinn, Steven E. Sisley, Brandon D. Thomas. Date of Patent August 1, 1995. – 19 p.
8. Двирный В.В., Двирный Г.В., Козлов Д.О. и др. Возможность применения ядерных энергетических установок в космических аппаратах и проблемы транспортировки. Интеллект и наука: Труды XIII Международной молодежной научной конференции. – Железногорск: филиал Сибирского федерального университета, 2013. – С. 11–12.
9. Полубояров В.А., Крушенко Г.Г., Черепанов А.Н. и др. Опыт использования ультрадисперсного порошка природного скрытокристаллического графита в протекторных

- резинах. Ультрадисперсные порошки, материалы и наноструктуры: Материалы межрегион. конф. – Красноярск: КГТУ, 1996. С. 155–156.
10. Зубов В.И. Об особенностях термодинамики ультрадисперсных систем. Физикохимия ультрадисперсных систем: Материалы IV Всерос. конф. – М.: МИФИ, 1998. С. 23–26.
11. Almaslow A. et al. Effects of epoxidized natural rubber–alumina nanoparticles (ENRAN) composites in semi-metallic brake friction materials // *Wear*. – April–May 2013. – Vol. 302. – Issues 1–2. P. 1392–1396.

Безопасное обращение с радиоактивными отходами на АЭС

Ластовец Ю.В., Степанов Б.П., Шепотенко Н.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Безопасное развитие производства электроэнергии на атомных станциях тесно связано с вопросами обращения радиоактивных отходов (РАО). При этом их образование на АЭС связано с многообразием конечных форм и видов. Также РАО характеризуются различными физико-химическими, радиологическими и биологическими свойствами, концентрацией, периодом полураспада радионуклидов. В настоящее время отсутствует унифицированная нормативно-техническая база по безопасному обращению с РАО.

Целью представленной работы является анализ существующих нормативных документов и технологий, регламентирующих систему обращения с РАО, для унификации нормативно-технической базы единой государственной системы обращения с РАО.

Согласно Федеральному закону №170 «Закон об использовании атомной энергии» радиоактивные отходы – это ядерные материалы и радиоактивные вещества, дальнейшее использование которых не предусмотрено [1].

Для решения комплекса задач, связанных с безопасным обращением с РАО, в работе поставлены задачи по обобщению существующей нормативной базы, выделению особенностей технологических мероприятий обращения с РАО на АЭС для формирования требований к разработке стандарта предприятия.

В соответствии со статьей 11 Федерального закона №190 «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» Правительство Российской Федерации утвердило Положение об определении порядка и сроков создания единой государственной системы обращения с радиоактивными отходами [2].

Основной целью создания единой государственной системы обращения с радиоактивными отходами является обеспечение взаимодействия всех субъектов, осуществляющих деятельность в области обращения с РАО: органом государственного управления, федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими управление, регулирование безопасности, при использовании атомной энергии, государственный надзор за ядерной и радиационной безопасностью, ФГУП «Национальный оператор», специализированными организациями, организациями, в результате осуществления деятельности которых образуются радиоактивные отходы.

Рассмотрим особенности существующих условий работы с РАО на АЭС.

Система обращения с РАО на подобных предприятиях должна обеспечивать реализацию основных принципов безопасности:

- любое облучение персонала и населения должно быть сведено к разумно достижимому низкому уровню с учетом санитарно-гигиенических норм, экономических и социальных факторов;
- реализация всех видов деятельности на АЭС должна приводить к образованию минимально возможного количества РАО как по величине их активности, так и по количеству;
- отходы, образовавшиеся в результате деятельности АЭС, должны быть приведены к критериям приемлемости и переданы национальному оператору для окончательного захоронения;
- ответственность за обеспечение безопасности при обращении с РАО АЭС несет эксплуатирующая организация, в результате деятельности которой образовались отходы, на всех этапах обращения до их передачи специализированной организации по обращению с РАО или Национальному оператору;

- при обращении с РАО должно быть четкое распределение обязанностей и степень ответственности всех участников процесса – Концерна «Росэнергоатом», его филиалов, подразделений и ответственного персонала;
- глубокоэшелонированная защита при обращении с РАО должна реализовываться за счет системы технических и организационных мер обеспечения безопасности обращения с РАО;
- организационные меры обеспечения безопасности при обращении с РАО должны содержать эффективную систему управления и контроля за технологическими процессами обращения с РАО;
- учет РАО должен быть обеспечен на всех этапах жизненного цикла;
- информация о состоянии РАО должна быть доступна для всех участников ЕГС РАО, для чего должны использоваться отраслевые информационные системы учета и контроля.

Таким образом система обращения с РАО на АЭС в настоящее время обеспечивает выполнение требований образования минимально возможного количества РАО как по величине их активности, так и по количеству. Технологические операции системы образования и переработки РАО должны сводиться к использованию безотходных и малоотходных технологии, а также замкнутых производственных циклов.

Согласно Федеральному закону от 11.07.2011 № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами» на АЭС образуются удаляемые радиоактивные отходы. Удаляемые радиоактивные отходы – это радиоактивные отходы, для которых риски, связанные с радиационным воздействием, иные риски, а также затраты, связанные с извлечением таких радиоактивных отходов из пункта хранения радиоактивных отходов, последующим обращением с ними, в том числе захоронением, не превышают риски и затраты, связанные с захоронением таких радиоактивных отходов в месте их нахождения [3].

По агрегатному состоянию РАО могут быть:

- газообразные радиоактивные отходы;
- жидкие радиоактивные отходы;
- твердые радиоактивные отходы.

С точки зрения обращения РАО классифицируются по природе происхождения, по потенциальной взрыво- и огнеопасности, по удельной активности. По удельной активности твердые радиоактивные отходы, содержащие техногенные радионуклиды, за исключением отработавших закрытых радионуклидных источников, подразделяются на 4 категории: очень низкоактивные (ОНАО), низкоактивные (НОА), среднеактивные (САО) и высокоактивные (ВАО), а жидкие радиоактивные отходы - на 3 категории: низкоактивные (НАО), среднеактивные (САО) и высокоактивные (ВАО) [1].

Далее остановимся на основных стадиях обращения с РАО.

Обращение с РАО включает следующие основные стадии: сортировку, переработку, кондиционирование, хранение, транспортировку и захоронение.

На АЭС реализуется выполнение организационно-технических мероприятий по разделению систем обращения с радиоактивными материалами при разных условиях активности, например: ВАО, САО, НАО, ОНАО.

Между всеми стадиями обращения с РАО, начиная от образования отходов и до их захоронения, существует производственная технологическая взаимосвязь. Решения, относящиеся к одной из стадий обращения с РАО, принимаются с учетом воздействий или потребностей выполнения к другим стадиям.

На выбор возможных вариантов обращения с РАО влияют следующие факторы:

- виды, физические свойства, химический состав, объемы, радионуклидный состав существующих потоков РАО и тех, которые, согласно прогнозам, будут возникать в будущем;
- наличие соответствующих технологий переработки;
- наличие соответствующих установок для обращения (переработка, кондиционирование) и захоронения;
- одобренные критерии приемлемости для всех стадий обращения с РАО, включая хранение и захоронение;

Учитывая взаимосвязь между стадиями обращения с РАО перед их непосредственным захоронением, необходимо установление критериев приемлемости и подтверждение соответствия данным критериям.

Критерии приемлемости отходов устанавливаются для гарантирования безопасной упаковки с РАО, которая должна удовлетворять соответствующим критериям для их безопасного транспортирования, хранения и захоронения.

Последней стадией обращения с РАО является их безопасное захоронение. Долгосрочная безопасность захоронения обеспечивается сочетанием благоприятных характеристик площадки, инженерно-технических характеристик проекта, соответствующего вида и состава отходов, эксплуатационных процедур и мер ведомственного контроля. Эффективная и безопасная изоляция РАО зависит от функциональных параметров всей системы захоронения. С учетом результатов оценки безопасности конкретной площадки устанавливаются требования к критериям приемлемости отходов и решения по составу, характеристикам искусственных барьеров.

В РФ разработан ряд нормативных документов, регламентирующих соответствия критериям приемлемости отходов. Однако в документации по большинству критериев дана только качественная формулировка требований, а количественная характеристика критериев приведена в ограниченном объеме. Критерии приемлемости отходов для различных стадий обращения с РАО представлены в ряде нормативных документов, таких как НРБ-99/2009, СПОРО-2002, ОСПОРБ-99/2010, ОПБ-88/97, НП-016-05, ОПБ ОЯТЦ, СП АС-03 и др. В настоящее время разрабатываются новый обобщающий нормативный документ, регламентирующий критерии приемлемости отходов, направляемых на конечное захоронение отходов.

На всех стадия обращения РАО должны быть поставлены на учет в систему государственного учета и контроля радиоактивных отходов (СГУК РВ и РАО). В настоящее время порядок функционирования системы учета и контроля РАО на АЭС соответствует государственным нормативным требованиям и обеспечивает предотвращение несанкционированного использования РАО для сохранения радиационной и экологической безопасности, своевременного информирования контролирующих органов, участников процесса обращения с РАО и заинтересованных организаций о его состоянии (характеристиках), текущем месте нахождения РАО.

Учет отходов в качестве радиоактивных ведется только с момента проведения подтверждающих измерений интегрального (дозиметрического и радиометрического характера) или дифференциального (определения активности содержащихся в отходах радионуклидов неразрушающими и разрушающими методами анализа) типов.

Система учета и контроля (УиК) РАО на АЭС регламентируется государственными, ведомственными, а также внутренними объектовыми документами и требованиями. Внутренними документами АЭС определяется внутренняя организационная структура системы и порядок взаимодействия подразделений по вопросам УиК РАО. Система внутреннего учета и контроля РАО учитывает все возможные виды радиоактивных отходов по агрегатному состоянию (твердые, жидкие и газообразные), по активности (ВАО, САО, НАО, ОНРАО), по морфологическим особенностям. Учет и контроль РАО на АЭС ведется на всех этапах и технологических операциях обращения с РАО, вплоть до окончательного захоронения.

Решение задач безопасного обращения с РАО является важнейшим условием обеспечения штатной эксплуатации и радиационной безопасности АЭС.

Проведенный анализ основных нормативных документов позволил установить, что безопасное обращение с РАО является динамичным процессом. Для его технологической реализации требуется регулярное, постоянное совершенствование технологий, а также нормативной и технической базы с в соответствии с требованиями регулирующих органов и в связи с внедрением Единой Государственной Системы РАО на АЭС.

В настоящее время согласно Постановлению Правительства №1185 от 19.11.2012 «Порядок и сроки создания ЕГС обращения с РАО» разрабатывается единый государственный стандарт обращения с РАО.

Разработка и внедрение на АЭС данного государственного стандарта позволит унифицировать технологические операции и нормативную документацию системы обращения с РАО.

Список литературы:

1. Федеральный закон «Закон об использовании атомной энергии» (от 21.11.1995 года № 170).
2. Постановление Правительства «Об определении порядка и сроков создания единой государственной системы обращения с радиоактивными отходами» (от 19.11.2012 года №1185).
3. Федеральный закон «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты» (от 11.07.2011 года №190).

Проблемы ядерной энергетики*Нуеун Ван Ву**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Ядерная энергетика до недавнего времени рассматривалась как наиболее перспективная. Это связано как с относительно большими запасами ядерного топлива, так и со щадящим воздействием на среду. К преимуществам относится также возможность строительства АЭС, не привязываясь к месторождениям ресурсов, поскольку их транспортировка не требует существенных затрат в связи с малыми объемами. Достаточно отметить, что 0,5 кг ядерного топлива позволяет получать столько же энергии, сколько сжигание 1000 тонн каменного угля.

До середины 80-х годов человечество в ядерной энергетике видело один из выходов из энергетического тупика. Только за 20 лет (с середины 60-х до середины 80-х годов) мировая доля энергетике, получаемой на АЭС, возросла практически с нулевых значений до 15-17%, а в ряде стран она стала преобладающей. Ни один другой вид энергетике не имел таких темпов роста.

Экономическое значение

В 2010 году ядерная энергия обеспечивала 2,7% всей потребляемой человечеством энергии. Ядерный сектор энергетике наиболее значителен в промышленно развитых странах, где недостаточно природных энергоресурсов — во Франции, Бельгии, Финляндии, Швеции, Болгарии и Швейцарии. Эти страны производят от 20 до 74 % (во Франции) электроэнергии на АЭС.

США на АЭС производят только 1/8 своей электроэнергии, однако это составляет около 20 % мирового производства.

На Украине вклад ядерной энергетике в общую выработку составляет почти 50 %.

В 2013 году мировое производство ядерной энергии выросло впервые с 2010 года — по сравнению с 2012 годом произошёл рост на 0,5 % - до 65,5 млрд МВт ч (562,9 млн тонн нефтяного эквивалента). Наибольшее потребление энергии атомных станций в 2013 году составило в США - 187,9 млн тонн нефтяного эквивалента. В России потребление составило 39,1 млн тонн нефтяного эквивалента, в Китае - 25 млн тонн нефтяного эквивалента, в Индии - 7,5 млн тонн.

Экологические проблемы развития атомной энергетике

Серьезные экологические проблемы возникают на пути развития атомной энергетике. Имеются общие для всех АЭС экологически неблагоприятные факторы, уничтожающие природу и наносящие разрушительное воздействие на здоровье человека и его генотип.

Выработка на АЭС огромного объема радиоактивных отходов (на один блок АЭС приходится 20 т/год твердых отходов и 100 тыс. м³ радиоактивной воды), хранение которых — проблема, наукой еще не решенная;

Газообразные радиоактивные выбросы неуловимых инертных газов;

Весь технологический цикл от добычи урана до захоронения отходов сопровождается повышением радиационного фона не только региона, но и всей планеты, что сопровождается мутациями и ростом онкологических заболеваний всего человечества. Повышение радиационного фона всего на 1 рентген ведет к появлению в каждом поколении людей планеты 10 млн. человек, страдающих наследственными тяжелыми болезнями;

Необходимость использования для охлаждения реактора объема воды, превышающего потребление миллионного города, воды, которая становится непригодной для питья, а пресная вода становится одним из важнейших стратегических ресурсов для всей планеты;

Нет абсолютных гарантий от повторения Чернобыльских трагедий, особенно в условиях нарастания терроризма во всем мире;

Существование проблемы закрытия атомных ЭС, период которого составляет 30 лет. Стоимость закрытия превышает стоимость строительства АЭС. При демонтаже АЭС только радиоактивных отходов образуется столько, сколько при ее эксплуатации в течение 15 лет.;

Тепловое загрязнение: По мнению некоторых специалистов, атомные электростанции, «в расчете на единицу производимой электроэнергии», выделяют в окружающую среду больше тепла, чем сопоставимые по мощности ТЭС. В качестве примера можно привести проект строительства в бассейне Рейна нескольких атомных и теплоэлектростанций. Расчеты показали, что, в случае запуска всех запланированных объектов, температура в ряде рек поднялась бы до 45°C, уничтожив в них всякую жизнь.

Итак, что же выгоднее: направлять человеческие и материальные ресурсы в ядерную энергетике и через 15-20 лет получить ядерно- и радиационно-безопасную во всех звеньях топливного цикла атомную энергетике, имеющую уже сегодня практически безграничное количество топлива, или ждать до тех пор, пока не разразится мировой энергетический кризис? От

него пострадают все страны и больше всего экономически развитые, весь образ жизни которых построен на обилии энергоисточников. Ответ очевиден: атомную энергетику необходимо безотлагательно развивать. Необходимо учитывать также тот научный потенциал, который приобретет страна при освоении новых, перспективных, значительно более сложных ядерных технологий.

Список литературы:

1. Проблемы ядерной энергетики [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.ecoatominf.ru/publishs/BN800/BN800_7.htm
2. Экологические проблемы развития атомной энергетики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://toe-kgeu.ru/spe/467-spe>
3. Ядерная энергетика [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Ядерная_энергетика
4. Проблемы энергетики. Ядерная энергетика [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.energo-standarta.ru/nuclear_energ.htm
5. Năng lượng hạt nhân [Электронный ресурс]. Режим доступа: vi.wikipedia.org/wiki/Năng_lượng_hạt_nhân#T.E1.BB.95ng_h.E1.BB.A3p

Основные проблемы, возникающие при определении остаточных напряжений в сварных соединениях элементов конструкций и объектов ядерных энергетических установок (ЯЭУ)

Трофимов А.И., Трофимов М.А., Минин С.И., Талабанов М.Г.

Обнинский институт атомной энергетики – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Ядерные энергетические установки всегда являлись и являются объектами повышенной опасности, исходя из этого, следует то, что увеличение срока службы ЯЭУ не может быть выполнено без повышения их безопасности. Безопасность работы атомной станции в значительной степени определяется состоянием её оборудования. Все атомные станции состоят из большого количества металлоконструкций, так например протяженность всех трубопроводов равняется нескольким километрам [1] и вдобавок, все они выполнены из различных марок стали. А поскольку наиболее уязвимым местом в сварной конструкции является шов, несущая способность которого вдвое ниже, чем у основного металла, то необходимо наиболее тщательно контролировать именно данную область конструкции.

Состояние сварных соединений во многом зависит от уровня механических напряжений. Уровень механических напряжений оказывает большое влияние на свойство металла накапливать повреждения. При этом действующие в металле напряжения являются суммой напряжений от внешних воздействий (силовых и температурных) и остаточных напряжений, которые возникают в результате обработки и существуют в отсутствие внешних воздействий. В процессе эксплуатации остаточные напряжения складываются с внешними и могут привести к полному разрыву трубопровода. По этой причине необходимо определять величину остаточных напряжений.

Для исследования напряженного состояния тела разработаны различные методы, которые можно разделить на три группы:

- разрушающие методы, основанные на разделении исследуемого объекта на части;
- полуразрушающие методы;
- неразрушающие методы, сохраняющие целостность объекта.

Основными разрушающими методами являются разрезание (на полосы, квадраты и т. д. в зависимости от измеряемых компонентов напряжения).

Разрушающие методы заключаются в следующем: из исследуемого объекта вырезаются фрагменты (полоски, пластинки или кольца в зависимости от метода (рис. 1)). Затем уже с вырезанных фрагментов исследуемого объекта проводится последовательное снятие слоев и измерение деформации фрагмента. И по полученным значениям деформации судят о механических напряжениях в них [2].

Оценка остаточных напряжений по результатам разрушающих методов измерения основывается на теореме, утверждающей, что остаточные одноосные однородные макронапряжения равны разности между напряжениями нагрузки при пластической деформации металла и фиктивными напряжениями, которые действовали бы в металле в условиях приложения тех же внешних сил в случае соответствия напряженно-деформационного состояния закону Гука.

Разрушающие методы широко используются для определения напряжений, действующих в прутках, проволоке, трубах после их холодной деформационной обработки.

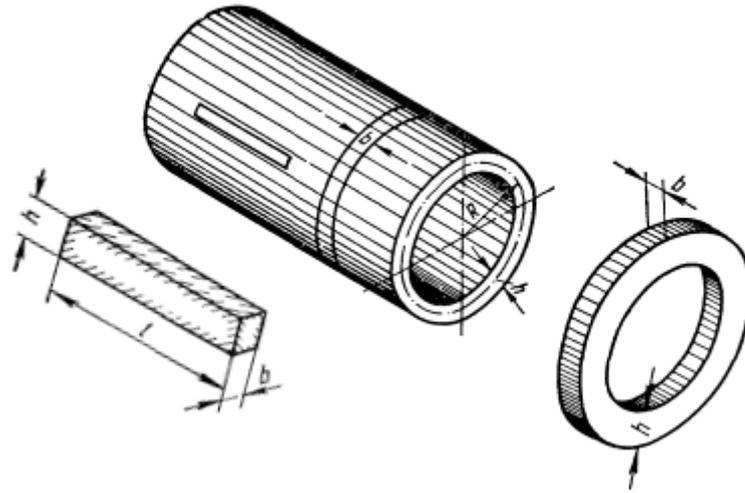


Рис. 1. Кольцо и полоска, вырезанные из трубы

К полуразрушающим методам относится метод сверления несквозного отверстия. Согласно этому методу в исследуемой точке поверхности сверлится сквозное или несквозное отверстие. После сверления поверхность в зоне отверстия деформируется вследствие разгрузки некоторого объема материала, вызываемой высвобождением энергии остаточных напряжений. Измерение этих деформаций в нескольких направлениях позволяет определить направление главных остаточных напряжений и затем подсчитать их величину при помощи различных аналитических или численных методов.

Недостатком данного метода является то, что он полуразрушающий. То есть для получения распределения остаточных напряжений в образце требуется множество измерений в разных точках, что принципиально невозможно, так как каждое высверливание (вытравливание) лунки приводит к нарушению целостности образца и изменению поля напряжений[3].

Разрушающий и полуразрушающий методы невозможно применять для контроля состояния работающих конструкций. Такие методы трудоемки и применяются, в основном, в лабораторных условиях. Поэтому были разработаны методы, позволяющие использовать зависимость какого-либо измеримого физического параметра от изменения напряженного состояния для его оценки.

Основными неразрушающими методами, применяемыми для измерения остаточных напряжений в металлах, являются:

- Электромагнитные
- Метод тензометрии
- Рентгеновские
- Акустический метод

Электромагнитные методы позволяют определить одноосное напряженное состояние. Они основаны на изменении намагниченности под действием остаточных напряжений. Может измеряться магнитная проницаемость, остаточная намагниченность, коэрцитивная сила, величина магнитострикции и другие магнитные параметры [4].

Их преимуществами являются простота и оперативность проведения измерений, невысокие требования к подготовке поверхности. Недостатки – высокие погрешности при работе с твердыми материалами и при небольших величинах деформации, применимость только к исследованию ферромагнетиков, чувствительность к величине немагнитного зазора между образцом и измерительным инструментом. Кроме того, глубина, на которой проводятся измерения, для отдельных методик достигает лишь 20...25 мм, а диаметр точки – около 3 мм, что

говорит о малой степени локальности. Достаточно локально можно определять напряжения лишь на глубине 0,1...3 мм.

Магнитные методы оценки напряжений в целом имеют следующую особенность. При использовании переменного тока, подаваемого на датчик, глубина проникновения переменного электромагнитного поля зависит от частоты тока и заключена в диапазоне от нескольких миллиметров до долей миллиметра. Следовательно, объем металла, от которого можно получить информацию о его напряженном состоянии, очень мал. По этой причине свойства поверхностного слоя металла, в котором уже из-за технологических причин происходит вариация химического состава (например, выгорание углерода), поверхностного наклепа, скорости охлаждения, изменяются и существенно сказываются на результатах определения напряжений. При больших частотах сказывается даже тонкий слой влаги на поверхности металла. По этой причине применение постоянных магнитных полей имеет очевидное преимущество [5].

Следует также отметить, что магнитные величины зависят не только от свойств материала, но и в значительной степени определяются способами и условиями измерения.

Значения магнитных характеристик даже одного и того же металла, измеренные различными способами, могут существенно различаться и даже обладать различным характером поведения. Кроме того, при наличии в датчике ферромагнитного сердечника необходимо учитывать его вклад в результаты измерений. К недостаткам большинства имеющихся магнитных приборов также относится значительное влияние на точность измерений воздушного зазора между датчиком и контролируемой поверхностью, есть ограничения при контроле криволинейных поверхностей.

Метод тензометрии основан на зависимости омического сопротивления проводника от его деформации. Этот метод широко применяется во многих отраслях промышленности.

Различают три основных вида тензорезисторов: проволочный, фольговый и полупроводниковый. Проволочный тензорезистор представляет собой проволочную решетку, которая наклеена на бумажную полоску или лаковую пленку. Сверху конструкция покрывается лаком. К концам проволоки присоединяются медные проводники.

Чувствительным элементом фольговых тензорезисторных преобразователей является решетка, отштампованная и вытравленная методом фотолитографии из листа тонкой металлической фольги. Такие тензорезисторные преобразователи имеют более высокую чувствительность.

Для устранения эффекта температурного влияния в проволочных и фольговых датчиках разработаны самотермокомпенсированные тензорезисторы двух типов: одинарный, термочувствительность которого должна соответствовать термическому расширению испытуемого материала, и комбинированный, чувствительный элемент которого выполнен из двух последовательно соединенных с разными знаками коэффициента температурного расширения.

Полупроводниковые тензорезисторные преобразователи изготавливаются в виде сверхтонкой прямоугольной пленки монокристалла кремния, которая прикреплена к подложке. Чувствительность таких преобразователей зависит от ориентации элемента по отношению к осям кристалла, типа проводимости и содержания примесей. Полупроводниковые тензорезисторные преобразователи широко применяются для исследования малых деформаций.

В общем случае метод тензометрии позволяет определять лишь относительные деформации, по отношению к тому значению деформации, которое соответствует моменту наклепки датчика или закрепления измерительной струны на поверхности материала конструкции. Если тензодатчики монтируются на объекты, уже находящиеся под нагрузкой, то «начальные» значения деформаций остаются неизвестными.

Рентгеновский метод (или метод Брэгга) определения остаточных напряжений основывается на том, что упругая деформация кристаллической решетки связана с изменением ее межплоскостных расстояний и приводит к угловому сдвигу рентгеновских линий. Этот метод обеспечивает достаточно большую точность и позволяет измерять остаточные напряжения в изделиях сложной конфигурации, обладает высокой локальностью на глубине до 0,1 мм.

К недостаткам рентгеновского метода следует отнести существенное влияние структуры и размеров зерна. Для исследования подповерхностных слоев требуется удаление слоя металла, что делает его неприемлемым для неразрушающего контроля толстостенных конструкций [6]. Измерения занимают много времени (до 10 минут на точку), предъявляются высокие требования к чистоте поверхности. Непосредственно измеряемой в дифрактометре величиной является смещение дифракционного профиля, которое есть следствие напряженно-деформированного состояния исследуемого материала. Эта величина составляет доли градуса, и должна измеряться с погреш-

ностью, не превышающей сотые доли градуса [7]. Это возможно либо в лабораторных условиях, либо с применением высокоточных механических систем для перемещения измерительного прибора, что усложняет применение для крупногабаритных конструкций. Кроме того, их использование связано с возникновением рентгеновского излучения, а оборудование достаточно дорого.

Акустический метод измерения напряжений в твердых телах основан на эффекте акустоупругости, который отражает нелинейную связь между напряжениями и деформациями и, как следствие, влияние напряжений на скорости распространения упругих волн. Этот метод позволяет раздельно определить главные напряжения не только в моделях, но и непосредственно в конструкциях без дополнительных процедур разгрузки. Он обладает достаточно высокой разрешающей способностью, обеспечивает оперативность контроля, позволяет проводить измерения не только поверхностных напряжений, но и напряжений, действующих внутри материала. Основные положения теории распространения упругих волн в напряженной твердой среде разработаны в конце первой половины 20-го века, а первые экспериментальные исследования явления акустоупругости проведены в конце 50-х - 60-х годах. Таким образом, этот метод сравнительно молодой, но уже зарекомендовал себя как один из самых надежных и перспективных [8].

Сам эффект акустоупругости заключается в том, что скорость поляризованных сдвиговых волн, распространяющихся в напряженном твердом теле, зависит от величины напряжения, направления колебания частиц (поляризации) и направления распространения волн [9]. Таким образом, главными для определения напряжений являются сдвиговые волны, в которых «частицы» твердой среды колеблются в направлении, перпендикулярном направлению распространения волны. Они более информативны с точки зрения исследования твердых сред: направление упругих колебаний (поляризация волны) может быть вдоль одной или другой компоненты напряжения при одном и том же направлении распространения волны.

Метод акустоупругости позволяет проводить измерения величин как одноосных, так и двухосных напряжений с высокой точностью, то есть количественно определять плоское (в точке контроля) напряженное состояние конструкционного материала независимо от наличия у него ферромагнитных или каких либо иных, кроме упругих, физико-механических свойств.

Анализируя технические возможности описанных выше методов контроля и измерений остаточных напряжений в сварных соединениях оборудования и конструкций наиболее перспективным и приемлемым является ультразвуковой метод, основанный на эффекте акустоупругости, поскольку остальные методы имеют существенные недостатки, такие как:

- локальность контроля (непригодность для контроля протяженных конструкций);
- необходимость в специальной подготовке контролируемой поверхности и объектов контроля (зачистка, активное намагничивание, клейка датчиков и др.);
- исследование только ферромагнетиков
- сложность и дороговизна оборудования

В ИАТЭ НИЯУ МИФИ на кафедре АКид используются и совершенствуются неразрушающие методы диагностики различных инженерных конструкций. Одним из основных и перспективных методов является акустический, исследуются новые возможности и разрабатываются опытные образцы на основе этого метода.

Список литературы:

1. Маргулова Т.Х. Атомные электрические станции: Учеб. для вузов. - М.: ВШ, 1984. – 360с.
2. Биргер И.А. Остаточные напряжения: Учеб. пособие. М.: МАШГИЗ, 1963. – 233с.
3. Жуковский В.К., Гохман А.Р. Связь коэффициента линейного температурного расширения с остаточными напряжениями // Журнал технической физики. – 2009. – Т. 79. – № 4. – С. 90–96.
4. Никитина Н. Е., Казачек С. В. Преимущества метода акустоупругости для неразрушающего контроля механических напряжений в деталях машин // Вестник научно-технического развития. - 2010. - № 4(32) - С. 18 – 28.
5. Хренов Н.Н. Основы комплексной диагностики северных трубопроводов. Наземные исследования. - М.: Газойл пресс, 2005. - 608 с.
6. Экспериментальная механика. / Под ред. А. Кобаяси. Перевод с английского под ред. Б. Н. Ушакова. М.: Мир, 1990. 552 с.
7. Трофимов В.В., Башкарев А.А., Краус Иво. Неразрушающий метод рентгеновской тензометрии для контроля напряжений в поверхностных слоях деталей и изделий./ Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Чешский университет (г. Прага). Опубликовано на сайте механико-машиностроительного факультета СПбГУ: www.mmf.spbstu.ru/konf_2011/38.pdf
8. Гуца О.И., Лебедев В.К. Влияние напряжений на скорость распространения ультразвуковых

- волн в металлах // Прикл. механика. - 1968. - № 2. - С. 89 - 92.
9. Трофимов А.И. Ультразвуковой метод снятия остаточных напряжений в процессе сварки. - М.: Энергоатомиздат, 2008 – 224с.

Расчет возраста нейтронов деления до индиевого резонанса в натрии методом групп

Кабанова М.А., Кузьмин А.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Приводятся результаты определения возраста замедляющихся нейтронов в натрии методом групп. Сравнение результатов расчета возраста нейтронов деления при замедлении до энергии индиевого резонанса показало хорошую сходимость с данными ФЭИ.

Определение возраста нейтронов является важной задачей физического расчёта ядерного реактора [1,2]. Точность аналитического нахождения этой миграционной характеристики в первую очередь зависит от корректного представления ядерно-физических констант. В отечественной технической литературе наиболее известные справочники [3,4] отражают данные полученные соответственно до 1962 и до 1977 годов и отличаются полнотой и точностью по наиболее важным элементам. В работе [5] на примере расчета возраста в графите показано преимущество 28-групповой системы констант [4], которая более детально учитывает зависимость от энергии среднего косинуса угла рассеяния и среднелогарифмического декремента.

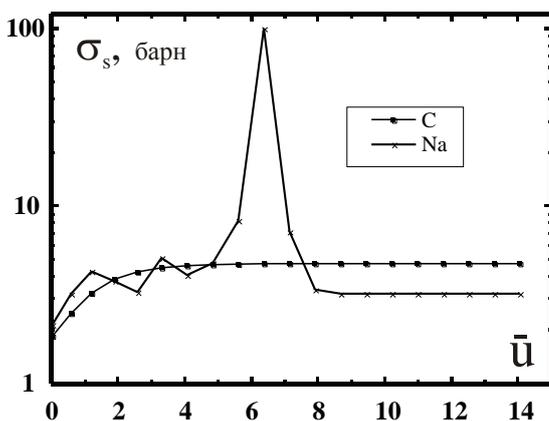


Рис. 1. Микроскопические сечения рассеяния натрия и углерода в зависимости от среднего значения летаргии в группах

Особенностью графита, самого первого замедлителя ядерных реакторов, является отсутствие резонансов на всем участке замедления от 2 МэВ до индиевого резонанса с $E=1,46$ эВ. Целью настоящей работы поставлено определение возраста методом групп в среде Na, имеющего единственный ярко выраженный резонанс (рис. 1).

Основные энергетические характеристики 28-групповой системы констант представлены в табл.1, где E_n — показывает энергетический диапазон группы, а \bar{u} — означает среднее значение летаргии в группе.

Таблица 1. Разбиение энергии нейтронов на группы

Группа	E_n	\bar{u}	Группа	E_n	\bar{u}
-1	14,5–14,0·МэВ	-1,96361	13	4,65–2,15·кэВ	6,37713
0	14,0–10,5·МэВ	-1,81238	14	2,15–1,0·кэВ	7,14665
1	10,5–6,5·МэВ	-1,44692	15	1,0–0,465·кэВ	7,91219
2	6,5–4,0·МэВ	-0,96508	16	465–215·эВ	8,67971
3	4,0–2,5·МэВ	-0,48551	17	215–100·эВ	9,44923
4	2,5–1,4·МэВ	0,02532	18	100–46,5·эВ	10,21478
5	1,4–0,8·МэВ	0,59784	19	46,5–21,5·эВ	10,98230
6	0,8–0,4·МэВ	1,20397	20	21,5–10,0·эВ	11,75182
7	0,4–0,2·МэВ	1,89712	21	10,0–4,65·эВ	12,51736
8	0,2–0,1·МэВ	2,59027	22	4,65–2,15·эВ	13,28488
9	100,0–46,5·кэВ	3,30702	23	2,15–1,0·эВ	14,05440
10	46,5–21,5·кэВ	4,07454	24	1,0–0,465·эВ	14,81995
11	21,5–10,0·кэВ	4,84406	25	0,465–0,215·эВ	15,58747
12	10,0–4,65·кэВ	5,60961	T	0,0253 эВ	18,18561

Здесь и в последующих таблицах выделена энергетическая группа с резонансным рассеянием.

В табл. 2 представлена часть среднегрупповых сечений из работы [4], необходимых для проведения расчета возраста нейтронов до любого детектируемого значения.

Таблица 2. Основные групповые константы натрия

\bar{u}	σ_c , барн	σ_{in} , барн	σ_s , барн	μ	ζ	Δu	σ_{tr} , барн	σ_R , барн
0,02532	2E-4	0,68	2,1378	0,3048	0,0633	0,57982	2,1664	0,23339
0,59784	2,1E-4	0,57	3,19079	0,286	0,0784	0,55962	2,84843	0,44701
1,20397	3E-4	0,207	4,2787	0,1075	0,0733	0,69315	4,02604	0,45247
1,89712	6,2E-4	0	3,77538	0,0487	0,0972	0,69315	3,59214	0,52942
2,59027	0,00106	0	3,26894	0,314	0,0809	0,69315	2,24355	0,38153
3,30702	0,00197	0	5,099403	0,03	0,0847	0,76572	4,94839	0,56407
4,07454	0,00137	0	4,06563	0,0333	0,085	0,7714	3,93161	0,44799
4,84406	7E-5	0	4,77093	0,0317	0,0845	0,76546	4,61976	0,52667
5,60961	0,00143	0	8,24157	0,0292	0,0852	0,76572	8,00235	0,91702
6,37713	0,088	0	99,652	0,0292	0,0852	0,7714	96,83016	11,00642
7,14665	0,0129	0	7,1481	0,0292	0,0852	0,76546	6,95228	0,79562
7,91219	0,0065	0	3,3675	0,0292	0,0852	0,76572	3,27567	0,37469
8,67971	0,0069	0	3,1911	0,0292	0,0852	0,7714	3,10482	0,35245
9,44923	0,0084	0	3,2	0,0292	0,0852	0,76546	3,11496	0,35618
10,21478	0,0108	0	3,2	0,0292	0,0852	0,76572	3,11736	0,35606
10,98230	0,0151	0	3,2	0,0292	0,0852	0,7714	3,12166	0,35344
11,75182	0,0221	0	3,2	0,0292	0,0852	0,76546	3,12866	0,35618
12,51736	0,0325	0	3,2	0,0292	0,0852	0,76572	3,13906	0,35606
13,28488	0,0477	0	3,2	0,0292	0,0852	0,7714	3,15426	0,35344
14,05440	0,07	0	3,2	0,0292	0,0852	0,76546	3,17656	0,35618

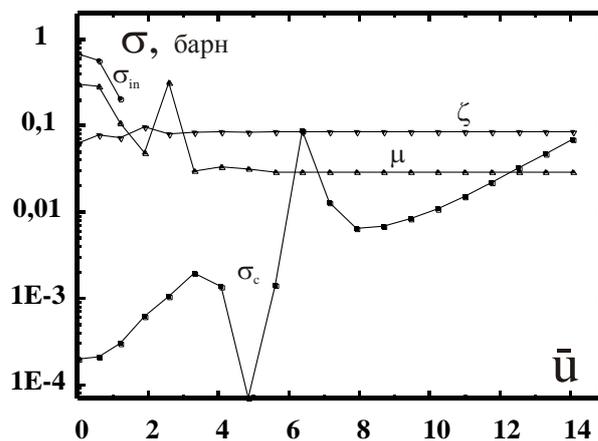


Рис. 2. Характеристики натрия в интервале 4 и 23 групп 28-групповой системы констант

рассчетом эффективного микроскопического транспортного сечения, которое определялось по формуле:

$$\sigma_{tr}(u) = \sigma_c(u) + \sigma_{in}(u) + \sigma_s(u) \cdot (1 - \mu(u))$$

и сечением увода нейтронов из группы за счет упругого рассеяния нейтрона с ядром натрия [6]

$$\sigma_R^{(i)} = (\zeta \sigma_s)^{(i)} / \Delta u,$$

В таблице представлены следующие групповые константы: σ_c — микроскопическое эффективное сечение радиационного захвата; σ_{in} — сечение неупругого рассеяния с учетом сечений реакций $(n, 2n)$ и $(n, 3n)$; $\sigma_s \equiv \sigma_e$ — сечение упругого рассеяния; μ — средний косинус угла рассеяния, вычисленный без учета того в какую группу попадет нейтрон после рассеяния; ζ — среднее приращение логарифма энергии при упругом рассеянии (среднегарифмический декремент). Общий характер зависимости некоторых из этих характеристик представлен на рис.2.

Кроме этого табл. 2 дополнена

где Δu – ширина группы в единицах летаргии.

Согласно теории метода групп [4,6] возраст нейтронов в i -ой группе определяется из следующей формулы

$$\tau_i = \frac{D^{(i)}}{N \cdot (\sigma_a^{(i)} + \sigma_R^{(i)})}, \quad (1)$$

где $N=0,0254 \cdot 10^{24} \text{ см}^{-3}$ – ядерная концентрация натрия плотностью $0,971 \text{ г/см}^3$, а сечение поглощения определяется выражением

$$\sigma_a^{(i)} = \sigma_c^{(i)} + \sigma_{in}^{(i)}. \quad (2)$$

Сумму сечений в (1) $\sigma_a^{(i)} + \sigma_R^{(i)}$ обычно называют действующим сечением или сечением увода.

Коэффициент диффузии нейтронов в группе определяется выражением:

$$D^{(i)} = \frac{1}{3 \cdot \Sigma_{tr}^{(i)}} = \frac{1}{3 \cdot N \sigma_{tr}^{(i)}}. \quad (3)$$

Таким образом, формулы (1)-(3) позволяют провести расчет возраста в каждой энергетической группе. Поскольку нас интересует область замедления, которая моделировалась в экспериментах по определению возраста [1], а именно диапазон летаргий $u=0 \dots 14,125$, соответствующий пути замедления от $E_0 = 2 \text{ ́А}$ до энергии индиевого резонанса $E_m = 1,46 \text{ ́А}$, то результаты расчета возраста в группах, представленные в табл. 3, охватывают только этот диапазон энергий.

Таблица 3. Результаты расчета возраста в группах

Группа	E_n	$D^{(i)}$, барн ⁻¹	$\sigma_a^{(i)} + \sigma_R^{(i)}$, барн	τ_i , см ²
4	2,5–1,4·МэВ	6,05768	0,23359	1020,99
5	1,4–0,8·МэВ	4,60722	0,44722	405,58
6	0,8–0,4·МэВ	3,25962	0,45277	283,44
7	0,4–0,2·МэВ	3,65336	0,53004	271,36
8	0,2–0,1 МэВ	5,84937	0,38259	601,92
9	100,0–46,5·кэВ	2,65205	0,56604	184,46
10	46,5–21,5·кэВ	3,33791	0,44936	292,45
11	46,5–21,5·кэВ	2,8407	0,52674	212,32
12	10,0–4,65·кэВ	1,63994	0,91845	70,30
13	4,65–2,15·кэВ	0,13553	11,09442	0,48
14	2,15–1,0·кэВ	1,88764	0,80852	91,92
15	1,0–0,465·кэВ	4,00631	0,38119	413,77
16	465–215·эВ	4,22677	0,35935	463,08
17	215–100·эВ	4,21301	0,36458	454,95
18	100–46,5·эВ	4,20977	0,36686	451,78
19	46,5–21,5·эВ	4,20397	0,36854	449,10
20	21,5–10,0·эВ	4,19456	0,37828	436,56
21	10,0–4,65·эВ	4,18067	0,38856	423,60
22	4,65–2,15·эВ	4,16052	0,40114	408,34
23	2,15–1,0·эВ	4,13131	0,42618	381,65

Поскольку обычно используемые в экспериментах границы замедления моделируются от средней энергии спектра нейтронов деления равного 2 МэВ до индиевого резонанса $E=1,46 \text{ эВ}$, то есть являются только частью 4 и 23 групп, то необходимо сделать правку значений возраста в них, используя простую интерполяцию. Так в диапазоне 4 группы с энергией 2,5...1,4 МэВ возраст нейтронов при замедлении в этом интервале энергий в результате расчета равен $\tau_4 = 1022,99 \text{ мс}^2$, то, очевидно, что в интервале 2,0...1,4 МэВ возраст будет иметь значение равное $556,9 \text{ см}^2$, а в последней 24 группе – $229,3 \text{ см}^2$.

После сложения всех составляющих в группах с учетом правки в 4 и в 23 группах получим следующее значение возраста

$$\sum \tau_i^{2 \text{ МэВ} \dots 1,46 \text{ эВ}} = 6702,6 \text{ см}^2.$$

Прямых экспериментов по определению возраста в натрии нам не известно и поэтому для сравнения были привлечены результаты численного эксперимента работы ФЭИ [7], в которой для того же диапазона замедления значение возраста оказалось равным $6616,6 \text{ см}^2$. Таким образом, относительная погрешность нашего результата составляет 1,3%.

Анализ работы позволяет сделать следующие выводы:

- Метод групп наиболее детально и наглядно учитывает характер изменения микроскопических эффективных сечений радиационного захвата σ_c , неупругого рассеяния σ_{in} , среднего косинуса угла рассеяния μ и среднего приращения летаргии при упругом рассеянии ζ (см. рис.2).
- Наличие резонансного сечения (в нашем случае упругого рассеяния) увеличивает вероятность увода замедляющегося нейтрона из группы за счет резонансной самоэкранировки (см. выделенную часть табл 3).
- Полученная высокая сходимость результатов расчета возраста по данным работ [7] и [4] показывает уже достаточно точное определение групповых констант для натрия было определено к 1969 году.

Список литературы:

1. Кузьмин А.В. Экспериментальное и расчетное определение возраста нейтронов деления в различных средах: учеб. пособие для вузов. 1-изд. – Томск: Изд-во ТПУ. 2011. – 232 с.
2. Кузьмин А.В. Основы теории переноса нейтронов (лабораторный практикум): учеб. пособие для вузов. 2-е изд. – Томск: Изд-во ТПУ. 2010. – 192 с.
3. Гордеев И.В., Кардашев Д.А., Малышев А.В. Ядерно-физические константы: Справочник. – М.: Госатомиздат, 1963. – 507 с.
4. Групповые константы для расчета реакторов и защиты: Справочник / Л.П. Абагян, Н.О. Базаянц, М.Н. Николаев, А.М. Цибуля: Под ред. М.Н. Николаева. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 232 с.
5. Кузьмин А.В. К расчёту возраста нейтронов в графите. Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т.323. – №2. – С.135-139.
6. Основы теории и методы расчёта ядерных энергетических реакторов: Учеб. пособие для вузов / Г.Г. Бартоломей, Г.А. Бать, В.Д. Байбаков, М.С. Алхутов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 512 с., ил.
7. Марченко Л.В., Сергеев Ю.А. Расчет квадрата длины замедления для различных сред в 18- и 26-групповых приближениях и их сравнение с экспериментальными данными // Бюллетень центра по ядерным данным. – М.: Атомиздат, 1969. – Вып. 6. С.319–390.

Диффузия C^{14} из графитовой кладки выводимого из эксплуатации ПУГР АД

Чубреев Д.О.

ФГУП «Горно-химический комбинат», г. Железногорск, Россия

Промышленный уран графитовый реактор (ПУГР) АД, размещенный на территории ФГУП «Горно-химический комбинат» после останова и приведения его в ядерно-безопасное состояние подлежит выводу из эксплуатации. Реактор выводится из эксплуатации по варианту радиационно-безопасного захоронения на месте. Данная концепция предусматривает захоронение реактора на месте размещения с созданием необходимых дополнительных защитных барьеров, обеспечивающих выполнение требований радиационной безопасности.

Такой принцип защиты предусматривает сочетание существующих барьеров безопасности и вновь создаваемых. Создание системы дополнительных защитных барьеров предполагает заполнение пустот реакторного пространства и вне реакторных помещений сухими и влажными смесями, изготовленных на основе глинистых пород, а также заделку бетонными смесями проемов бетонной шахты реактора, подкрепления опорных металлоконструкций и заполнения объемов под реакторного пространства.

Для долговременной оценки безопасности выводимого из эксплуатации реактора предлагается математическая модель диффузии радионуклидов на примере C^{14} через инженерные барьеры. Конечный результат долгосрочного прогноза – активность радионуклидов на выходе из инженерных барьеров.

Данное исследование преследовало следующие цели: во-первых, обследование концентрации радионуклидов на границе ядерный реактор – окружающая среда для оценки будущей экологической безопасности объекта; во-вторых, определить наилучшую последовательность расположения барьерных материалов для получения минимального значения активности радионуклида на выходе из барьеров.

1. Описание модели

В данной работе рассматривается именно C^{14} в связи с его высокой активностью, долгим периодом полураспада и накоплением большого количества в графитовой кладке реактора.

Для оценки временного диапазона исследования диффузии радионуклидов обратимся к действующему с 2000 года руководству по безопасности (РБ-011-2000), в котором говорится, что временной интервал выбирается из условия установления равновесного состояния всех физико-химических процессов, существенно или заметно влияющих на динамику переноса радионуклидов из хранилища РАО в окружающую среду [1].

Согласно концепции многобарьерной системы изоляции с инженерными и природными барьерами целостность хранилищ высокоактивных отходов, обеспечивается в течение длительного периода времени - $10^4 - 10^5$ лет [2]. Поэтому в данной работе рассмотрен временной диапазон до 10^5 лет.

После останова ПУГР до момента создания дополнительных барьеров безопасности не учитывалось количество выщелоченных радионуклидов из графитовой кладки. Схематический вид модели для исследования диффузии радионуклидов из активной зоны реактора ПУГР АД в инженерных барьерах представлен на рис.1. В данной модели рассмотрены три вида барьерных материалов: сухая глиняная смесь, увлажненная глиняная смесь и бетон. При выполнении прогнозных расчетов диффузии радионуклидов из активной зоны реактора также учитывался радиоактивный распад.

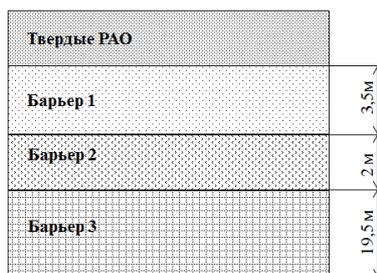


Рис.1. Вертикальный разрез активной зоны с барьерами безопасности

Численные эксперименты с доминирующей ролью диффузионного процесса проводились с помощью пакета программ Matlab. В рамках данного сценария управляющее уравнение, описывающее нестационарный диффузионный перенос активности C в декартовой системе координат, в одномерной постановке задачи имеет следующий вид:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial C}{\partial x} \right) - \lambda C,$$

где D – коэффициент диффузии, $\text{м}^2/\text{с}$, λC – учитывает радиоактивный распад, λ – постоянная распада.

При выполнении расчетов постулировалось, что толщина барьеров 1,2 и 3 постоянна и в сумме не превышает 25 метров. Всего было проведено шесть серий вычислений (таблица 1).

Таблица 1 Толщина и материал барьеров

№	Барьер 1 (3,5 м)	Барьер 2 (2 м)	Барьер 3 (19,5 м)
1	Сухая глина	Увлажненная глина	Бетон
2	Увлажненная глина	Сухая глина	Бетон
3	Бетон	Увлажненная глина	Сухая глина
4	Сухая глина	Бетон	Увлажненная глина
5	Увлажненная глина	Бетон	Сухая глина
6	Бетон	Сухая глина	Увлажненная глина

Результаты распределения концентрации C^{14} по вертикальной оси показаны на рис.2 для четырех значений моментов времени: 10000, 35000, 70000, 100000.

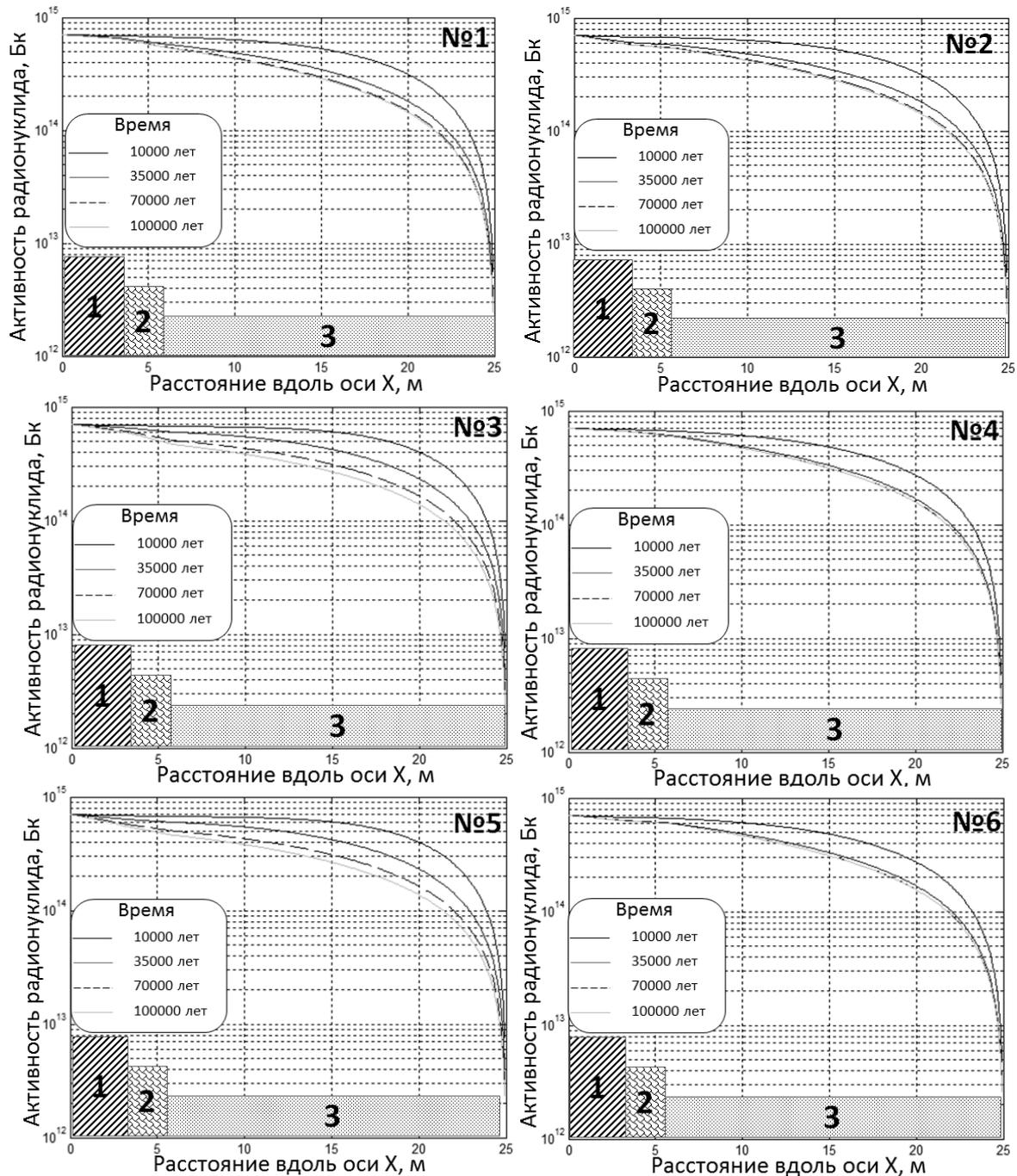


Рис. 2. Распределение концентрации C^{14} в инженерных барьерах

Последовательность «увлажненная глина – сухая глина - бетон» является лучшим барьером безопасности на пути миграции радионуклида. Как видно из рис.2 (№2) максимальную активность радионуклид имеет на границе графитовая кладка активной зоны реактора – барьер безопасности 1, после чего начинается плавный спад.

Активность радионуклида на выходе из барьеров не превышает нормируемых величин в связи с большим значением коэффициента межфазного распределения и меньшего, чем рассматриваемый промежуток времени (100000 лет) период полураспада.

Список литературы:

1. Руководство по безопасности РБ-011-2000. Оценка безопасности приповерхностных хранилищ радиоактивных отходов.
2. Шульга Н.А. Разработка и реализация технологий окончательного захоронения высокоактивных и долгоживущих отходов // Атомная техника за рубежом. – 2005. – №5. – с.3-14.
3. Амосов П.В., Наумов А.В., Новожилова Н.В. Исследование диффузионного переноса долгоживущих радионуклидов в инженерных барьерах объектов долговременного хранения отработавшего ядерного топлива и захоронения радиоактивных отходов // Вестник МГТУ. – 2007. – Т.10. – №4. – С. 511-518.

Измерение константы спада мгновенных нейтронов в импульсном ядерном реакторе

Котков С.П.², Кузнецов М.С.¹, Чурсин С.С.¹

¹ФГАОУ ВО НИ ТПУ, г. Томск, Россия

²ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ, г. Саров, Россия

В данной работе рассмотрен вопрос экспериментального определения константы спада мгновенных нейтронов в импульсном ядерном реакторе (ИЯР) растворного типа ВИР-2М. Данная константа является основополагающей характеристикой ИЯР, она определяет режимы работы и эксплуатации ИЯР.

Данные эксперименты весьма актуальны при вводе в эксплуатацию ИЯР, их модернизации и длительных компаниях, в течение которых изменяются параметры реакторов. Это позволяет проводить облучения объектов и проведения экспериментов с необходимыми потоками нейтронов, флюенсами нейтронов и гамма-квантов. Для каждой установки, в зависимости от ее геометрии и используемых материалов, константа спада мгновенных нейтронов уникальна.

Существует большое количество методов определения константы спада мгновенных нейтронов. Однако все они отличаются и способом измерения этой константы и способом обработки полученных данных. Это связано с тем, что при различных параметрах ИЯР (например, быстрые, промежуточные, тепловые ИЯР) преобладают различные статистические законы, которые необходимо выделить.

Константа спада мгновенных нейтронов, определяется временем жизни мгновенных нейтронов:

$$\alpha = \frac{1-k(1-\beta)}{l} = \frac{1-k_p}{l} = \frac{\beta-\rho}{\Lambda}, \quad (1)$$

где k – коэффициент размножения нейтронов; β – доля запаздывающих нейтронов; k_p – коэффициент размножения на мгновенных нейтронах; Λ – время генерации мгновенных нейтронов [1,2].

Для систем критических на запаздывающих нейтронах это уравнение переходит в

$$\alpha_0 = \frac{\beta}{l} = \frac{\beta}{\Lambda}, \quad (2)$$

поскольку в этом случае l и Λ равны. Отсюда можно выразить α через α_0 :

$$\alpha = \frac{\beta}{\Lambda} \left(1 - \frac{\rho}{\beta}\right) = \alpha_0 \left(1 - \frac{\rho}{\beta}\right) = \alpha_0 [1 - \rho\beta], \quad (3)$$

где $\rho\beta$ – реактивность, выраженная в β .

В данной работе выбран метод распределения счетно-счетных интервалов [3]. Для распределения счетно-счетных интервалов получено следующее выражение:

$$p_{cc}(t)dt = C_1(t)dt + C_2(t)e^{-\alpha\gamma t}dt, \quad (4)$$

где:

$$C_1(t) = 4F\varepsilon p_0(t) \left[\frac{(\gamma+1)+(\gamma-1)e^{-\alpha\gamma t}}{(\gamma+1)^2-(\gamma-1)^2e^{-\alpha\gamma t}} \right]^2, \quad C_2(t) = \frac{8F\varepsilon p_0(t)\gamma^2}{\sigma[(\gamma+1)^2-(\gamma-1)^2e^{-\alpha\gamma t}]t^2},$$

$$\gamma = \left(1 + 2 \frac{\varepsilon D_v}{\rho\beta}\right)^{1/2}, \quad \ln p_0(\Delta) = -\frac{2\varepsilon\Delta}{\gamma+1} \left[1 + \frac{2}{(\gamma-1)\alpha\Delta} \ln \left(\frac{(\gamma+1)^2-(\gamma-1)^2e^{-\alpha\gamma\Delta}}{4\gamma} \right)\right].$$

Водные импульсные реакторы ВИР относятся к классу аperiodических импульсных реакторов самогасящегося действия «нулевой мощности» и представляют собой растворный вариант ИЯР, отличающийся простотой изготовления и эксплуатации, малым количеством делящегося материала, используемого в качестве топлива (в реакторе ВИР-2М – всего около 7 кг урана), и поэтому относительной дешевизной. В качестве топлива в реакторе ВИР-2М используется высокообогащенный уран в виде раствора уранилсульфата в обычной воде.

Топливный раствор постоянно находится в герметичном корпусе, придающем топливной композиции компактную геометрическую форму [4].

Измерительный тракт использует коронный счетчик СММ-11, сигнал от которого поступает на предусилитель и затем на плату обработки. Сигнал со счетчика приходит в виде импульса напряжения. Затем он усиливается на предусилителе, так как сигнал достаточно слабый. Для платы разрабатывается специальная программа обработки сигнала в среде National Instruments LabVIEW для измерения счетно-счетных интервалов. В результате обработки полученных данных разработанной программой получаем величину спада мгновенных нейтронов при данной реактивности. Затем реактивность изменяется и измерение повторяется. После того как проведено достаточное количество измерений, строится зависимость константы росси-альфа от реактивности и эта зависимость экстраполируется до пересечения с осью ОХ. Аппроксимированная прямая должна пересечь ось ОХ в значении $x = -1$, исходя из определения константы спада (формула 1) при реактивности реактора равной $+\beta$ величина спада мгновенных нейтронов должна обращаться в ноль, так как достигается критика на мгновенных нейтронах и отсутствует спад мгновенных нейтронов. Точка пересечения прямой с осью ОУ даст значение константы спада мгновенных нейтронов для критического состояния реактора. Погрешность определяется из дисперсии полученных значений константы росси-альфа в зависимости от реактивности [5].

Для определения константы росси-альфа-0 достаточно двух измерений, так как зависимость константы росси-альфа от реактивности линейная. Но для проверки линейного закона и оценки погрешности измерения выбрано провести измерения при пяти разных реактивностях ядерного реактора.

Полученные результаты эксперимента по измерению константы спада мгновенных нейтронов приведены на рисунке 1. Из приведенного графика получили, что $\alpha_0 = 239,46 \pm 11,4 \text{ с}^{-1}$.

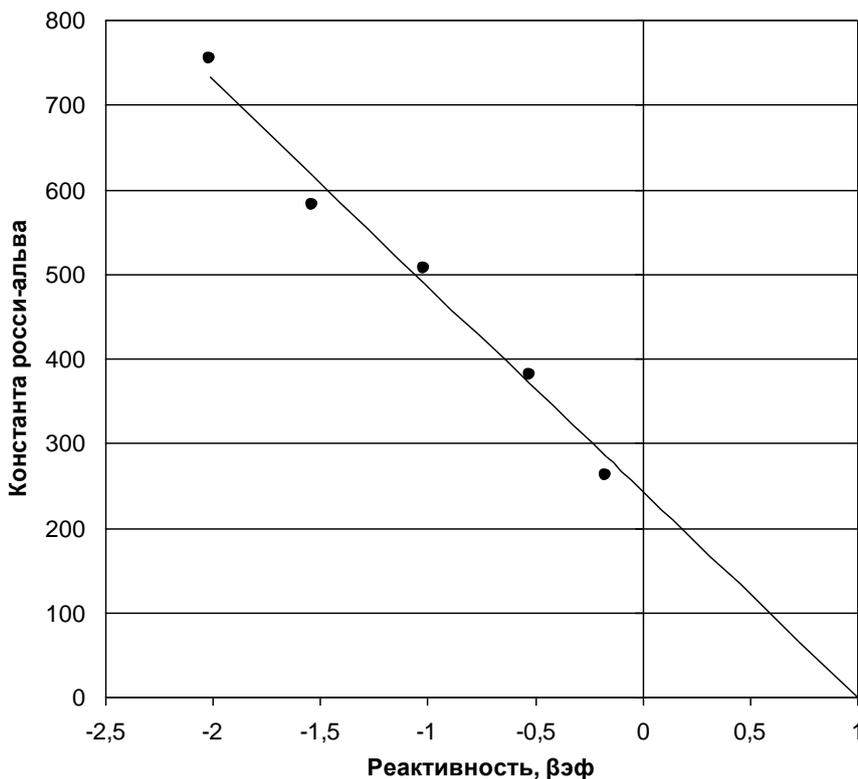


Рис. 1. Зависимость константы спада мгновенных нейтронов от реактивности реактора

Выводы.

В работе проведено измерение константы спада мгновенных нейтронов в растворном импульсном ядерном реакторе ВИР-2М. Разобрана методика эксперимента. Константа спада мгновенных нейтронов составила $\alpha_0 = 239,46 \pm 11,4 \text{ с}^{-1}$.

Разработанная методика может быть применена на других ИЯР и критических и подкритических сборках для определения константы спада мгновенных нейтронов. Так же данную

методику можно модернизировать для определения других констант, например доли запаздывающих нейтронов.

Список литературы:

1. Меррей Р. Физика ядерных реакторов. Пер. с англ. М., Атомиздат, 1959.
2. Глесстон С., Эдлунд М. Основы теории ядерных реакторов. Пер. с англ. М., Изд-во иностр. лит., 1954.
3. Babala D. Neutron Counting Statistics in Nuclear Reactors. – Norwegian Report KR-114, November 1966.
4. Воинов А.М., Колесов В.Ф., Матвеев А.С. и др. Водный импульсный реактор ВИР-2М и его предшественники // ВАНТ. Серия: Физика ядерных реакторов, 1990, вып.3, с.3-15.
5. Курепин В.В., Баранов И.В. Обработка экспериментальных данных. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2003. – 57 с.

Секция 5 Экология и защита окружающей среды

УДК 628 Н766

Об оптимальном факторе пожара для построения устройств обнаружения пожароопасной ситуации

*Дашковский А.Г., Панин В.Ф., Шмойлов А.В.**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**E-mail: vfpd@tpu.ru*

Анализ процесса развития пожара (П) показал, что П развивается, в общем случае, в течение семи стадий. Каждой из них соответствует совокупность явлений (факторов, признаков) пожароопасного состояния, характеризуемая набором определённых параметров. Регистрация факторов высокой стадийности (высокие температура среды, содержание CO₂ и т.п.) означает регистрацию собственно П, низкой (газы термической деструкции материалов, дымы и т.п.) – пожароопасной ситуации (ПС).

Понижение стадийности регистрируемого фактора приводит к построению противопожарных профилактико-диагностических систем, поскольку чем ниже регистрируемая стадия, тем неопределеннее связь факта её обнаружения с П.

Решения таких систем должны анализироваться дополнительно, так как обнаружение ПС как ситуаций, описываемых определёнными наборами физико-химических параметров, традиционными системами малоэффективно.

С развитием электронной техники стадийность используемых для обнаружения ПС факторов, в целом, понижается. Для каждого объекта контроля необходим выбор (выявление) оптимального фактора. В частности, по многим характеристикам оптимальным фактором для летательных аппаратов являются дымы.

Ключевые слова: пожар, пожароопасная ситуация, стадии развития пожара, факторы П и ПС, оптимальные факторы, пиролизные дымы, профилактико-диагностические системы.

Введение

Уже к 1960 – 1970 г.г. установлено, что в общем случае развитие пожара (П) до неуправляемого состояния проходит до семи стадий [1]. Ранние стадии развития П можно определить как пожароопасную ситуацию (ПС), которая по обстоятельствам может не развиваться в П, самые поздние стадии – как собственно П.

Обычно к первой стадии развития П [1] поступление в атмосферу контролируемого помещения горючих газов – из-за неисправности газовых магистралей и т.п. При этом регистрация ПС осуществляется посредством газовых датчиков.

Вторая стадия развития П связана с повышением температуры поверхностей элементов конструкций оборудования и аппаратуры, увеличением интенсивности ИК-излучения, поступлением в атмосферу парогазовых продуктов термической деструкции неметаллических: конструкционных, электро-, тепло-, звуко- и других изоляционных, декоративных и т.п. материалов. При этом парогазовые продукты посредством конденсации могут переходить в аэрозольную форму вещества. Ввиду малых концентраций парогазовых продуктов термического разложения на данной стадии преобладает конденсационный механизм образования аэрозолей, при котором формируются частицы размером 10^{-2} – 10^{-1} мкм. Из-за преимущественно малых размеров частиц и малых их концентраций подобные аэрозоли большей частью визуально не наблюдаются.

Третья стадия связана с дальнейшим повышением температур прогрева неметаллических материалов, и соответствующим увеличением плотностей потоков парогазовых продуктов термического (термо-окислительного) разложения материалов. При этом наряду с конденсацией паровых продуктов термического разложения имеет место коагуляция начальных конденсационных частиц, в результате чего спектр аэрозольных частиц расширяется в сторону частиц больших размеров. Таким образом, на третьей стадии аэрозоли термической деструкции оптически активны и, как правило, наблюдаются визуально. Такие аэрозоли относятся к классу пиролизных дымов.

Последующие стадии связаны с возникновением свечения очага возгорания, формированием пламени, образованием значительных количеств углекислого газа, повышением температуры воздуха и т.д. и т.п. и, как правило, характеризуются большей вероятностью развития процесса до состояния пожара, чем указанные начальные стадии его развития. Все методы обнаружения П строятся на основе регистрации параметров физических явлений (факторов, признаков пожароопасности), сопровождающих разные стадии их развития.

Итак, регистрация факторов ранних стадий (утечка горючих газов, повышение температуры ИК- радиации поверхностей оборудования, дымообразование) относят, как отмечено выше, к обнаружению П.

При построении систем обнаружения и сигнализации о пожароопасном состоянии контролируемого объекта естественно стремление к обнаружению низких стадий развития П – к обнаружению ПС.

Об оптимальном факторе пожара для построения устройств обнаружения пожароопасной ситуации

Однако уменьшение стадийности регистрируемого фактора приводит к возрастанию неопределенности оценки степени пожароопасности. Это понятно, поскольку понижение стадийности фактора есть приближение к нормальному состоянию контролируемого объекта, а состояние, сколько угодно близкое к нормальному, характеризуется сколько угодно малой вероятностью пожароопасности (ПО). Последнее означает, что достижение каким-либо фактором низкой стадийности порогового уровня отнюдь не означает 100 % –ю вероятность развития пожара после данного события. При этом фиксируется лишь некоторая, предполагаемая, ПС, которую необходимо ещё обследовать, чтобы сделать выводы и осуществить необходимые защитные мероприятия.

Фактически понижение стадийности регистрируемого фактора приводит к возрастанию вероятности ложных действий устройства обнаружения, если любое устройство регистрации фактора рассматривать с точки зрения задач надежного обнаружения П. Под устройством обнаружения П мы понимаем традиционную систему каких-либо датчиков, в которой для «обнаружения» П достаточно превышение порога сигналом хотя бы одного из датчиков.

Скорее всего, такие устройства следует определить как устройства профилактики П или диагностики ПС.

Изложенное характеризует лишь одну сторону проблемы построения устройств раннего обнаружения П на основе регистрации факторов пониженной стадийности – уменьшается вероятность обнаружения ситуации, которая действительно пожароопасна.

Другая трудность заключается в том, что при одном и том же уровне фактора, соответствующего некоторой стадии развития П, возможны и пожароопасная, и пожаробезопасная ситуация. Эта трудность проистекает из того, что уровень (интенсивность) фактора связан с фактом реальной пожароопасности статистически, т.к. режимы работы объекта в общем случае чрезвычайно многообразны и во времени реализуются случайным образом.

Поясним последнее на примере. Пусть, положим какой-либо объект в течение длительного времени обследовался в части температур участков оборудования и приборов в различных, в том числе, в аварийных режимах работы, связанных с реальной ПС. Пусть далее, по набранной статистике определены минимальные уровни пожароопасных температур и соответствующие им пороговые уставки для температурных датчиков системы обнаружения ПС. Казалось бы, теперь система может предупредить возникновение П, сигнализируя о возникновении ПС. Однако в большом числе случаев действие (срабатывание) системы не означает возникновения ПС, т.е. оказывается ложным. Более того, в объекте, особенно сложном, возможны такие аварийные ситуации, неучтенные при обследовании, при которых ПС возникает и быстро необратимо развивается до П при температурах, меньших, чем пороговые, т.е. имеет место пропуск и ПС, и П.

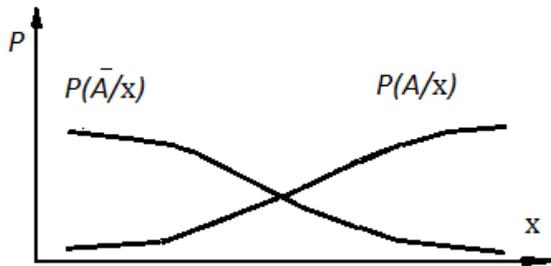
При увеличении порога системы уменьшается вероятность ложных срабатываний и возрастает вероятность пропуска ПС.

Значит, для факторов низкой стадийности в определенном интервале их значений имеет место «нахлест» пожаробезопасных и пожароопасных режимов, рис. 1. Он и предопределяет неоднозначность действия таких систем.

Ложное действие и пропуск ПС в равной мере снижают эффективность действия систем. Эффективность системы можно определить так:

$$\Theta = \frac{P(A) - Л - П_p}{P(A)}$$

где $P(A)$ – вероятность ПС, L – вероятность ложного действия системы, P_p – вероятность пропуска ПС.



Очевидно, с учетом изложенного выше, существует оптимальное пороговое значение фактора низкой стадийности, при котором величина \mathcal{E} максимальна. Зависимость \mathcal{E} от величины порога имеет форму, представленную на рис.2, т.е. величина \mathcal{E} даже в максимуме не превосходит 23 – 24 %, а с учетом того, что она весьма критична к порогу, фактическая величина \mathcal{E} гораздо ниже, что подтверждается статистикой правильных и неправильных действий подобных систем.

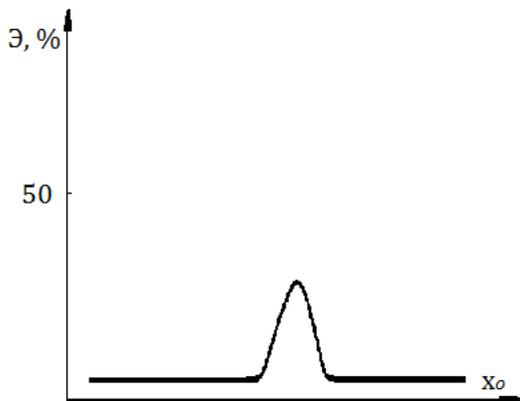


Рис.2. Зависимость эффективности обнаружения ПС традиционными системами от пороговой уставки регистрируемого фактора x_0 .

Сказанное выше применительно к регистрации факторов низкой стадийности (к регистрации ПС) равным образом относится к регистрации факторов высокой стадийности (к регистрации собственно П): то же влияние величины порога на вероятность ложного действия и пропуска П, тот же характер

зависимости величины \mathcal{E} от величины порога и т.п.

Для простоты рассуждений допустим, что найдены методы и средства устранения ущерба описанных систем, и они работают со 100 % -й величиной \mathcal{E} . Это означает тогда, что система, построенная на регистрации фактора, сопутствующего некоторой стадии, со 100 % -й вероятностью обнаруживает именно данную стадию развития пожароопасного процесса. Но, как отмечалось ранее, чем ниже стадийность фактора, тем менее вероятно, что зафиксированное состояние действительно пожароопасно: действительно ли из него разовьётся П?

Поэтому чрезвычайно важно определить оптимальную стадию пожароопасного процесса и, соответственно, оптимальный фактор. Последний определяется, в частности, и характером объекта, и условиями регистрации.

Там, где ценность контролируемого объекта и особенности его эксплуатации допускают профилактико-диагностические процедуры анализа решений систем автоматического контроля ПС, по-видимому, допустимо использование факторов низкой стадийности, особенно, если характер объекта предполагает необходимость качественного контроля параметров его состояния из соображений производственной санитарии (когда сам регистрируемый фактор является одновременно и вредным производственным фактором, например, некоторые пороговые продукты термодеструкции материалов).

Если объект необитаем, то осуществление профилактико-диагностических процедур сопряжено со значительными трудностями. Эти же трудности легко предвидеть и в случае обитаемого объекта: при использовании фактора весьма низкой стадийности (начальные газовые продукты термодеструкции, температуры перегревов, ИК-излучение и т.п.) процедура анализа решений системы обнаружения ПС может занять значительное место в работе персонала. Это едва ли приемлемо: реальная ПС – исключительная, маловероятная ситуация, и значительные издержки на указанные процедуры едва ли оправданы.

Вывод: Упомянутые процедуры необходимо переводить на вычислительную технику, в алгоритм работы которой должны быть включены обращения к дополнительной информации (для анализа решения системы), которую должен был бы получить оператор при осмотре места локализации предполагаемой ПС. В алгоритме должна быть, по-видимому, отражена и возможность оценки качества развития ситуации после фиксации предполагаемой ПС.

Как видно, использование факторов низкой стадийности влечет за собой усложнение систем обнаружения ПС, которые также не всегда могут быть приемлемы.

Можно сказать, что технический прогресс позволяет реализовать естественную тенденцию к использованию факторов низкой стадийности, причем каждому этапу развития преобразовательной техники соответствует оптимальный фактор или группа факторов.

Ретроспективный взгляд на развитие средств пожарообнаружения и сигнализации в целом подтверждает изложенную трактовку направления их развития.

Достаточно сказать, что первые пожарные датчики (извещатели П) строились на элементах, чувствительных к фактору поздних стадий – на повышение температуры контролируемой среды (легкоплавкие сплавы, биметаллические пластины и т.п.). С развитием полупроводниковых приемников оптического излучения появились датчики, реагирующие на свечение пламени. Развитие средств газоаналитического приборостроения поставило в повестку дня использование газоанализаторов CO_2 . В настоящее время интенсивно осваивается «очередная» стадия развития ПС – стадия дымообразования. Известны также примеры построения или попытки построения систем обнаружения ПС на основе регистрации факторов второй стадии развития П: относительно небольших перегревов, увеличение интенсивности ИК-излучения, поступление в атмосферу небольших концентраций газов термодеструкции.

Принципы построения, конструкции и характеристики элементов, чувствительных к разным факторам, устройств и систем обнаружения П и ПС описаны в большом числе источников, начиная с работ 1960-х г.г. прошлого столетия [2-5], кончая такими работами, как [6, 7].

Для специфических объектов транспорта, таких как летательные аппараты (ЛА), регистрация П неприемлема: слишком запоздалой будет регистрация заметного повышения температуры среды, наличия значительных количеств CO_2 , пламени, светящегося очага. Надежная же регистрация дымов, субмикронного аэрозоля или газов термодеструкционного происхождения, ненормального возрастания температур и тепловой радиации на отдельных участках оборудования и аппаратуры означает, как отмечалось выше, обнаружение ПС, в которой пожароопасный процесс еще управляем.

В указанном спектре факторов дым, будучи фактором ПС, ближе других к П и, следовательно, определеннее связан с П. С учетом изложенного выше использование фактора дыма предполагает наименьший, по сравнению с другими факторами, объем дополнительных профилактико-диагностических процедур и уже потому представляется предпочтительным из всех факторов низкой стадийности. Кроме того, фактор дыма применительно к ЛА обладает существенным достоинством: его можно регистрировать относительно небольшим числом датчиков, поскольку дым циркулирует по всему объёму ЛА в вентиляционном потоке (как и аэрозоли и газы термодеструкции). Для контроля же радиации и температур поверхностей и аппаратуры, даже на самых ответственных участках, требуется неизмеримо большее число температурных и радиационных датчиков.

Изложенное предопределяет преимущественный интерес к регистрации дымов как основе построения устройств надежного обнаружения ПС.

Выводы

1. Пожароопасный процесс – от рабочего режима объекта до П – развивается в несколько стадий.
2. Каждой стадии соответствует совокупность физико-химических явлений, или факторов (признаков) пожароопасного состояния, характеризуемая набором определённых параметров.
3. Регистрация факторов высокой стадийности означает регистрацию П, низкой – ПС.
4. Понижение стадийности регистрируемого фактора приводит к построению, в сущности, противопожарных профилактико-диагностических систем, поскольку чем ниже регистрируемая стадия, тем неопределеннее связь факта её обнаружения с П.
5. Решения таких систем должны анализироваться дополнительно.
6. Обнаружение самих ПС, как ситуаций, описываемых определёнными наборами физико-химических параметров, традиционными системами осуществляется малоэффективно.
7. С развитием техники стадийность факторов, используемых для обнаружения ПС, в целом, понижается.
8. Необходим выбор (выявление) оптимального фактора для условий ЛА.
9. По многим характеристикам оптимальным фактором для ЛА представляется дым.

Список литературы:

1. Leworthy L. R. Automatic fire detection // *Workes Engneering and factory service* – Part 1, 1970, В,65, 766, P.20-21; Part 2, 1970, В,65, 767, P.35-39; Part 3, 1970, В,65, 768, P.34-36.

2. Ильинская Л.А. Элементы противопожарной автоматики. – М.: Энергия, 1969. – 72 с.
3. Автоматические средства обнаружения и тушения пожаров/. Ю.Н. Герловин, Е.Н. Иванов, Г.В. Климов и др. – М.: Стройизд., 1975. – с. 42-84.
4. Пожарная автоматика /. Н.Ф. Бубырь. – М.: Редакционно-издательский отдел, 1977. – С. 30-65.
5. Шаровар Ф.И. Устройства и системы пожарной сигнализации. – М.: Стройизд., 1979. – С. 22 – 170.
6. Шаровар Ф.И. Принципы построения устройств и систем автоматической пожарной сигнализации. – М.: Стройизд., 1983. – С. 47 – 194.
7. Членов А.Н. и др. Новые методы и технические средства обнаружения пожара: Монография. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. – 175 с.
8. Федоров А.В., Членов А.Н., Лукьянченко А.А., Буцынская Т.А., Денехин В.Ф. Системы и технические средства раннего обнаружения пожара: Монография. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. – 160 с.

Геофизические методы при оценке радиоактивного загрязнения территорий

До Тхи Зунг

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В конце 1895 г профессор Вильгельм Конрад Рентген открыл лучи проходящие сквозь дерево, картон и другие предметы, не прозрачные для видимого света. Впоследствии эти лучи получили название рентгеновских лучей. В 1896 г французский ученый Анри Беккерель открыл явление радиоактивности. На заседании Академии наук он сообщил, что наблюдавшиеся им лучи, проникавшие подобно рентгеновским лучам через непрозрачные для света предметы излучаются некоторыми веществами. Так было установлено, что новые лучи излучаются веществами, в состав которых входит уран. Вновь открытые лучи Беккерель назвал урановыми лучами. Дальнейшая история новооткрытых лучей тесно связано с именами польского физика Марии Склодовской и ее мужа – француза Пьера Кюри, которые подробно изучили эти открытия и назвали их радиоактивностью[1].

Мониторинг радиационной обстановки необходим для предупреждения вредного воздействия радиации на организм человека и различные объекты природной среды. Оценка радиационно-экологической обстановки территорий и участков местности предопределяет характеристика естественного уровня внешнего гамма-излучения от природных и техногенных источников, которая, в свою очередь, зависит от содержания природных и искусственных радионуклидов в объектах природной среды.

Метод мониторинга радиационной обстановки – геофизический. Мониторинг радиационной обстановки на предприятиях комплекса выполняется в соответствии с требованиями федерального закона «О радиационной безопасности населения» и ведомственными нормативно-методическими и инструктивными документами в соответствии с нормами радиационной безопасности НРБ-99 (СП 2.6.1.758-99), основными правилами обеспечения радиационной безопасности [5].

При расположении пунктов наблюдения за радиационной обстановкой учитывают рельеф местности, преобладающее направление розы ветров в районе проведения работ и размещение основных техногенных объектов, влияющих на состояние радиационного фона территории. Необходимо также провести измерения в месте не подверженном воздействию промышленного объекта, чтобы определить естественный радиационный фон данной местности. Мониторинг радиационной обстановки следует повторять с периодичностью 1 раз в год, поскольку радиационная обстановка может изменяться в процессе эксплуатации месторождения (Рекомендации по нормализации экологической обстановки) [7]. Съёмка проводится с помощью приборов РКП-305 (спектрометр) и СРП-68-01 (радиометр).

Контролируемыми показателями при радиационном исследовании являются:

- МЭД (мощность эквивалентной дозы) внешнего гамма-излучения;
- Удельная активность естественных и искусственных радионуклидов в объектах природной среды и строительных материалах.

Основным контролируемым показателем при радиационном исследовании территорий и участков местности служит характеристика естественного уровня внешнего гамма-излучения, которую определяют путем измерения мощности амбиентного эквивалента дозы (МЭД-D), мкЗв/ч.

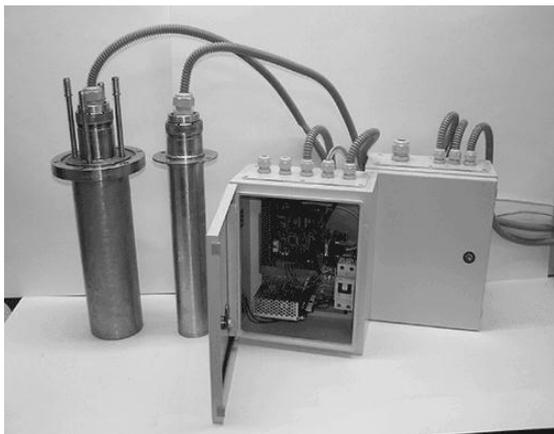


Рис. 1 Гамма-спектрометрический комплекс



Рис. 2 Гамма-радиометр

Для измерения МЭД внешнего гамма-излучения применяют дозиметры, допущенные к таким измерениям в установленном порядке, с нижним пределом измерений не более 0,1 мкЗв/ч, цифровой индикацией и действующим свидетельством о поверке (например: ДРГ-01Т, ДБГ-06Т, ЕЛ-1101, ДКС-96, МКС-01Р, РЗС-10НЗ и др.). С целью осуществления эффективного мониторинга для контролируемых показателей устанавливаются контрольные уровни, которые обеспечивают гарантию ограничения основных пределов доз и сведения уровня облучения до минимального [3].

Таким образом, на территории месторождения необходимо проводить мониторинг радиационной обстановки в целях безопасности работников промысла и во избежание негативного воздействия на объекты природной среды.

Для характеристики полного дозиметрического эффекта от всех источников гамма-излучения определяют суммарную МЭД- D_j

Суммарную D_j измеряют, размещая датчик дозиметра в контрольной точке. Число наблюдений должно составлять 7 - 10. Значение D_j находят как среднее арифметическое полученного ряда наблюдений [2]:

$$D_j = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n D_i,$$

где n - количество измерений в контрольной точке, D_i - показание дозиметра при j -ом измерении.

Мощность эквивалентной дозы в контрольном пункте (D) определяют как среднее арифметическое значение по контрольным точкам:

$$D = \frac{1}{m} \times \sum_{j=1}^m D_j,$$

где m - число контрольных точек, D_j - МЭДср. в контрольной точке при j -ом измерении.

После обработки результатов значения уровня МЭД в контрольных пунктах сопоставляют с соответствующими значениями гамма-фона для открытых территорий России (от 0,10 до 0,20 мкЗв/ч), а также с фоновым значением, полученным в ходе проведения экологического мониторинга на территории, и дают заключение о радиационной обстановке на исследованной территории.

Расчет эффективной годовой дозы (ЭГД) производят как сумму эквивалентной дозы внешнего гамма-излучения с ожидаемой эффективной дозой внутреннего облучения, полученной за календарный год. Доза внутреннего облучения за счет ингаляционного поступления ЕРН с производственной пылью определяется радионуклидным составом и удельной активностью пылящего материала и самой пыли, общей запыленностью воздуха производственной зоны и временем работы в конкретных условиях, применением средств индивидуальной защиты органов дыхания и др. В свою очередь, радионуклидный состав и удельная активность пыли, а также общая запыленность воздуха зависят от параметров технологических процессов, температурного режима работ, используемых химических реагентов, дисперсности и объема материала, используемого в работе и т.п.

Так как техногенные и естественные радионуклиды находятся в возбужденном состоянии, и при переходе в состояние с меньшей энергией возникает гамма или бета-излучение, для более детального изучения радиационной обстановки выполняют в лабораторных условиях, гамма-

спектрометрическим анализом исследование объемных образцов (почвенных проб) на содержание естественных и техногенных радионуклидов [3].

Эффективная удельная активность (Аэфф) ЕРН в почвах и строительных материалах (щебень, гравий, песок, бутовый и пиленный камень, цементное и кирпичное сырье и пр.), добываемых на месторождениях или являющихся побочным продуктом промышленности, а также в отходах промышленного производства, используемых для изготовления строительных материалов (золы, шлаки и пр.), не должна превышать [6]:

- для материалов, используемых в строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях (*I класс*):

$$A_{эфф} = A_{Ra} + 1,3A_{Th} + 0,09A_{K} \leq 370 \text{ Бк/кг},$$

где A_{Ra} и A_{Th} - удельные активности ^{226}Ra и ^{232}Th , находящихся в равновесии с остальными членами уранового и ториевого рядов, A_{K} - удельная активность ^{40}K (Бк/кг);

- для материалов, используемых в дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при возведении производственных сооружений (*II класс*):

$$A_{эфф} \leq 740 \text{ Бк/кг};$$

- для материалов, используемых в дорожном строительстве вне населенных пунктов (*III класс*):

$$A_{эфф} \leq 1,5 \text{ кБк/кг}.$$

Оценку потенциальной радоноопасности следует проводить на основе анализа имеющихся материалов территориальных геологических фондов Министерства природных ресурсов РФ [4].

Таблица 1. Методы анализа и количество проб всех компонентов природной среды

№ п/п	Метод анализа	Количество проб	Внутренний контроль (5%)	Внешний контроль (3%)	Всего проб на 1 год	Всего проб на период программы мониторинга
1	Фотометрия	115	6	3	115	829
2	Титриметрический	277	14	8	277	523
3	Жидкостная хроматография	18	1	0,5	18	35
4	Потенциометрия	38	2	1	38	71
5	ИК-спектрометрия	89	4	3	89	167
6	ICP-MS	108	5	3	108	204
7	Газожидкостная хроматография	47	2	1	47	89
8	Ультрафиолетовый флуоресцентный метод	28	1	0,8	28	52
9	Жидкостная экстракция	190	10	6	190	358
10	Люминесцентный	19	1	0,6	19	37
11	Электрометрический	122	6	4	122	230
12	Турбидиметрический	57	3	2	57	108
13	Колориметрический	166	8	3	166	314
14	Гравиметрический	69	3	2	69	132
15	Кондуктометрия	18	1	0,5	18	35
16	Ионная хроматография	36	2	1	36	70
17	ИК-фотометрия	36	2	1	36	70
18	Атомная абсорбция	54	3	2	54	105
19	Атомно-эмиссионный с индуктивно-связанной плазмой	18	1	0,5	18	35
20	Органолептический	32	2	1	32	60
21	Йодометрический	32	2	1	32	60

При наличии предпосылок потенциальной радоноопасности территории объемная активность (концентрация) радона в почвенном воздухе определяется посредством стандартной эманационной съемки с использованием универсальных радиометров радона. При обнаружении участков с повышенной мощностью эквивалентной дозы внешнего гамма-излучения

проводят радиометрическое опробование объектов природной среды (почвы, грунты различных типов ландшафтов, поверхностные и подземные воды в зоне действующих водозаборов, донные осадки водоемов) и техногенных объектов (карьеры, шламонакопители, полигоны твердых бытовых отходов и др.). Пробы подвергают в лаборатории гамма-спектрометрическому или радиохимическому анализу для определения радионуклидного состава загрязнений и их активности.

Методы анализа и общее количество проб по всем изучаемым компонентам природной среды с учётом внешнего и внутреннего контроля приведены в *Таблице 1*.

Список литературы:

1. Studopedia [Электронный ресурс] – Режим доступа - studopedia.ru/view_factors.php?id=45 свободный - Загл. С
2. Методика выполнения дозиметрического контроля объектов управляемых обществ. МВК № 46090.3М646 № 11-с06-02 / ЗАО «ЮКОС ЭП»: Введ. 05.04.2004. Указание от 05.04.04 № 403-25-У. - М., 2004. - 24 с.
3. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 111 с.
4. Рекомендации по нормализации радиационно-экологической обстановки на объектах нефтедобычи топливно-энергетического комплекса России. - М. : М-во топлива и энергетики Рос. Федерации, 1994.- 42 с.
5. Руководство по обеспечению радиационной безопасности при проведении работ по добыче, подготовке и транспортировке нефти и газа / ЗАО «ЮКОС ЭП»: Введ. 05.04.2004. Указание от 05.04.04 № 403-25-У. . М., 2004. . 120 с.
6. СП 2.6.1.758-99. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). . Минздрав России, 1999. . 67 с.
7. Таловская А.В. Оценка воздействия на компоненты природной среды: лабораторный практикум по курсу «ОВОС» для студентов, обучающихся по направлению 022000 «Экология и природопользование» профилю подготовки «Геоэкология» / А.В. Таловская, Л.В. Жорняк, Е.Г. Языков; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд. Томского политехнического университета, 2012. – 62 с.

Новый подход к оценке рисков здоровью населения от воздействия опасных и вредных факторов среды обитания

Алиферова Т.Е., Бородин Ю.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Одним из приоритетов государственной политики охраны здоровья граждан России является улучшение условий труда, профилактика заболеваний и сохранение здоровья трудового потенциала, от которого зависит социально-экономическое развитие страны.

Совершенствование методических подходов к анализу риска здоровью населения, в том числе интегрального, приобретает особую актуальность в связи с реализацией Концепции социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 года, Концепции долгосрочной демографической политики до 2025 года, Основам государственной политики в области обеспечения химической и биологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу» (утв. Президентом РФ 01.11.2013 N Пр-2573). В этой связи существенно возрастает роль совершенствования нормативно-методической и законодательной базы анализа рисков воздействия на здоровье населения различных по природе факторов и их сочетаний.

Ухудшение экологической обстановки, состава почв и вод, загрязнение атмосферного воздуха связаны в определенной степени с недостаточным знанием в соответствующих областях.

Сохранение существующего уровня негативного воздействия вредных и опасных факторов, возникновение новых и возвращение отдельных ранее преодолённых угроз приводят к ухудшению санитарно-эпидемиологической, ветеринарно-санитарной, фитосанитарной и экологической обстановки в Российской Федерации, а также к ослаблению национальной безопасности страны в целом.

Таким образом, актуальными представляются комплексные научные исследования, посвященные улучшению условий жизни и среды обитания человека, которые требуют изучения факторов среды обитания, оказывающих воздействие на человека и (или) на состояние здоровья будущих поколений.

Целью работы является последовательное снижение до приемлемого уровня риска негативного воздействия вредных и опасных факторов на население и окружающую среду.

Основными причинами, усугубляющими негативное воздействие вредных и опасных факторов на современном этапе, является: широкомасштабное использование химических веществ с высокой токсичностью; накопление в окружающей среде опасных химически стойких соединений; разработка и внедрение в производство принципиально новых классов химических веществ с недостаточно изученным воздействием на здоровье человека и окружающую среду; наличие большого количества выведенных из эксплуатации с близкими к предельным либо полностью исчерпанными техническими и технологическими ресурсами вредных и опасных производственных объектов, а также территорий, загрязненных в результате прошлой хозяйственной деятельности; использование в промышленности несовершенных в отношении обеспечения безопасности технологий; отсутствие эффективных технических решений, касающихся переработки (утилизации) химически опасных отходов производства и рекультивации загрязненных территорий; увеличение риска возникновения аварийных ситуаций на производственных объектах из-за нарастающей изношенности оборудования и снижения уровня квалификации персонала; глобализация торговли и возможность ввоза вредных и опасных веществ и продукции, полученной с их применением.

В Российской Федерации проблема анализа риска здоровью рассматривается в контексте безопасности. В качестве критериев безопасности окружающей среды для жизни и здоровья граждан целесообразно рассматривать допустимые (приемлемые) уровни риска для здоровья (№184-ФЗ «О техническом регулировании»).

В настоящее время на территории Российской Федерации уровень защиты населения и окружающей среды не достигает состояния, при котором отсутствуют недопустимые риски причинения вреда от воздействия вредных и опасных факторов.

В существующей в Российской Федерации системе экологического нормирования, опирающейся на гигиенические нормативы, комбинированное действие химических веществ учтено недостаточно, а их сочетанные действия с другими факторами не регламентируются.

Современные методические подходы, характеризуются возможностью оценивать риск здоровью населения, связанный с воздействием химических, физических, биологических, радиационных и социальных факторов. Эти методические подходы достаточно разнородны и не позволяют получать во всех случаях сопоставимые результаты, в связи с чем, методология анализа интегрального риска нуждается в дальнейшем совершенствовании.

Методология интегральной (многофакторной) оценки рисков здоровью населения предусматривает возможность сравнивать и (или) интегрировать риски для здоровья населения различной природы, что позволит определять адекватные управленческие решения по ограничению риска и оптимизации условий труда работников, разрабатывать организационно-технические, медико-профилактические мероприятия, направленные на обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

В настоящее время методология, обеспечивающая оценку риска, связанного с воздействием различных факторов имеет разный уровень проработки. В развитых странах наиболее разработанными являются методы оценки риска, связанного с воздействием химических факторов среды обитания. Реализованы в достаточной мере методические подходы к оценке радиационного риска. Активно разрабатываются методы оценки риска здоровью, связанного с воздействием физических факторов, прежде всего шума, биологических факторов (микробиологических и генно-модифицированных объектов). В рамках отдельных программ и проектов, в том числе международных, осуществляется оценка воздействия на здоровье комплекса социально-экономических факторов и образа жизни. При оценке профессионального риска учитывается воздействие производственных факторов, включающих помимо вышеперечисленных, психофизиологические факторы и опасность производственных травм.

Информационно-аналитической основой оценки и управления риском для здоровья населения является государственная система социально-гигиенического мониторинга, осуществляемая в субъектах Российской Федерации. Обеспечение управления риском для здоровья населения становится приоритетным элементом социально-гигиенического мониторинга. Классификация, оценка, прогноз, контроль и информирование о рисках для здоровья населения – ключевая задача развития системы социально-гигиенического мониторинга. Приоритетные проблемы в состоянии здоровья населения определяются комплексом факторов риска.

Методология интегрированной оценки риска здоровью, связанного с химическими факторами воздействия отражена в «Руководстве по оценке риска для здоровья населения при

воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» Р 2.1.10.1920-04. С использованием этой методологии проведена гармонизация гигиенических нормативов в атмосферном воздухе с международными стандартами с учётом степени риска для жизни или здоровья человека для 50 химических веществ и предложены международно гармонизированные ПДК в атмосферном воздухе для более чем 300 веществ.

Для наноматериалов, ввиду специфики их свойств, данная методология оценки риска может быть неприменима (или применима ограниченно). В России в рамках ФЦП «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008-2010 гг.» также формируется методическая база анализа риска наночастиц на организм человека.

Оценка рисков воздействия биологических факторов (микробиологических, в том числе генетически модифицированных) производится с использованием идентификации класса риска по критериям опасности в соответствии с имеющимися схемами с учетом вероятности экспозиции.

Для обоснования защиты от источников потенциального облучения на радиационных объектах проектным организациям рекомендовано использовать граничные значения обобщенного риска в течение года: для персонала – $2,0 \times 10^{-4}$, год⁻¹, а для населения – $1,0 \times 10^{-5}$, год⁻¹. Индивидуальный пожизненный риск вследствие облучения определяется как произведение дозы на соответствующий коэффициент риска, а коллективный риск для группы индивидуумов – как сумма индивидуальных рисков. Результаты оценки риска воздействия радиационных факторов учитывают поврежденность различных критических органов и систем и ожидаемое время наступления эффекта.

Различные физические факторы (шум, вибрация, электромагнитные поля и др.) широко представлены в среде обитания, в том числе производственной. Система профилактики неблагоприятного действия на работника физических факторов, профессиональных и производственно обусловленных заболеваний, обусловленных их воздействием, основана на мерах по снижению риска нарушения здоровья.

В оценке риска профессиональных факторов в промышленно развитых странах используется классификация опасности, основанная на оценке воздействия по нормативам OEL, за исключением канцерогенов и репротоксикантов, в отношении которых применяется принцип максимальной оправданной технической достижимости – ALARM. Вместе с тем, в некоторых странах (ЮАР) разработаны модели интегральной оценки профессионального риска с использованием зависимости «экспозиция – ответ».

Существующие методические подходы к оценке риска здоровью, связанного с воздействием комплекса химических факторов окружающей среды, в том числе с элементами интегрированной оценки, представлены в ряде документов, разработанных Агентством по охране окружающей среды и Национальной академией наук США (1975 – 2005). Данная методология получила распространение и развитие в методических документах в Канаде, Австралии.

Принципиальные подходы к оценке риска наноматериалов, подчеркивающие актуальность оценки риска здоровью с учетом всего жизненного цикла наноматериалов и особенностей свойств каждого из них, сформулированы Агентством по охране окружающей среды США (Nanotechnology White Paper, 2007).

Для решения задач интегральной (многофакторной) оценки рисков здоровью населения от воздействия опасных и вредных факторов среды обитания требуется провести следующие исследования:

1. Проведение анализа современных методических подходов к анализу и оценке интегрального (многофакторного) риска здоровью населения в системах Роспотребнадзора и Ростехнадзора.
2. Предложить и обосновать методы оценки интегрального (многофакторного) риска здоровью населения применительно к современному промышленному производству.

Таким образом, современные методические подходы, характеризуются возможностью оценивать риск, связанный с воздействием химических, физических, биологических, радиационных и социальных факторов. Эти методические подходы достаточно разнородны и не позволяют получать во всех случаях сопоставимые результаты, в связи с чем, методология анализа интегрального риска нуждается в дальнейшем совершенствовании. Совершенствование методологии анализа интегральных рисков может быть осуществлено на основе развития и дальнейшей гармонизации нормативно-правовой и методической базы, с учетом накопленного в мире опыта.

Список литературы:

1. "Основы государственной политики в области обеспечения химической и биологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу" (утв. Президентом РФ 01.11.2013 N Пр-257).

2. Федеральный закон от 27.12.2002 N 184-ФЗ (ред. от 23.06.2014) "О техническом регулировании".

Безопасность производства и эксплуатации пеностеклокристаллического строительного материала с наноставляющими

¹Алтарева Л.М., ²Семухин Б.С., ³Казьмина О.В.

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, Россия

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, г. Томск, Россия

³Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В Федеральном законе РФ от 30.12.2009 № 384-ФЗ «О безопасности зданий и сооружений» прописаны основные требования к производству и применению современных строительных материалов с точки зрения безопасности для жизни и здоровья граждан, их имущества, экологической безопасности и, что очень важно, с целью предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей [1]. Последний пункт чрезвычайно важен в условиях современного свободного рынка строительных и отделочных материалов в России. Разработка новых строительных материалов с улучшенными физико-химическими и механическими характеристиками является в настоящее время актуальной задачей материаловедения. Особенно интересны разработки материалов с наноструктурными составляющими, так как сами наночастицы или их комбинации обладают уникальными энергетическими возможностями модификации матрицы материалов, а значит, и их основных свойств. Использование наноструктурных и наноразмерных компонентов в строительных материалах возможно лишь при наличии высокотехнологичного современного производства, в котором исключены всяческие риски. Наличие таких рисков может привести к необратимым последствиям для проживания и работы людей в строениях, в которых использованы материалы с наноструктурными компонентами. Поэтому разработка технологии производства строительных материалов с наноструктурой невозможна без анализа и расчета рисков, которые могут возникнуть при производстве.

Целью настоящей работы является анализ рисков при начальной стадии производства стеклогранулята, являющегося исходным сырьем для получения пеностеклокристаллического материала (ПСКМ) теплоизоляционного назначения. ПСКМ представляет собой объемный строительный материал, включающий наноразмерные структурные элементы, повышающие прочностные характеристики готового изделия (блоки, плиты, гранулы).

Согласно ФЗ РФ № 384 при разработке, производстве и эксплуатации строительных материалов необходимо соблюдать требования безопасности механических, химических, радиационных, биологических, противопожарных характеристик безопасности для здоровья человека. Важным преимуществом силикатных пеностеклокристаллических материалов в сравнении с некоторыми природными и полимерными изоляционными материалами является их минеральный химический состав. Благодаря этому ПСК-материал устойчив к гнили, микроорганизмам, действию высоких температур, кислот, щелочей, не выделяет токсичных веществ. Это ставит его в ряд экологически чистых устойчивых материалов. Применение ПСКМ в строительстве позволяет уменьшить толщину ограждающих конструкций, снизить расход основных строительных материалов, облегчить строительные и защитные конструкции, удешевить строительство, снизить эксплуатационные расходы, уменьшить затраты на отопление зданий.

Основные технологические принципы производства ПСКМ базируются не только на основе применения природных минеральных сырьевых ресурсов, но и на утилизации отходов стекла, техногенных (золы и шлаки ТЭЦ) отходов. Это позволяет уменьшить загрязнение воздуха, сократить общее количество твердых отходов, а значит, снизить площади, занятые отвалами и свалками, уменьшить на 6 % расход энергии, на 50 % чистой воды и на 54 % расходы естественных ресурсов.

Утилизация промышленных отходов и уменьшение промышленных выбросов в атмосферу неразрывно связаны с технико-экономическими вопросами ресурсо- и энергосбережения, а также экологическими аспектами охраны окружающей среды. Производство пеностекла является одним из эффективных направлений утилизации промышленных и бытовых отходов стекла. В то же время проблема переработки стеклобоя по-прежнему актуальна, так как

стекло до сих пор остается одним из наиболее трудно утилизируемых составляющих твердых бытовых отходов. Процент его вторичного использования для развитых западноевропейских стран в 2001 г. составлял от 24 до 92 %. При этом эффективно используется сортовой стеклобой, в то время как смешанные отходы стекла складываются на полигонах бытовых отходов.

Недостающее для изготовления пеностекла количество стеклобоя производится по традиционной стекольной технологии, включающей стекловарение в промышленных печах. Процесс варки стекла связан с образованием значительного количества газообразных пылевоздушных и дымовых выбросов, содержащих продукты сгорания топлива (CO_2 , N_xO_y , и др.) и пыль в виде твердых частиц (B_2O_3 , Fe_2O_3 , As_2O_3). Поэтому с учетом ряда технологических и экономических особенностей стекловарения актуальной задачей является предварительный синтез стеклогранулята из природного или техногенного сырья по энергосберегающей технологии, минуя процесс варки стекла. Низкотемпературный синтез стеклогранулята является, с одной стороны, экономически целесообразным благодаря отсутствию таких энергоемких операций стекловарения, как осветление и гомогенизация стекломассы. С другой стороны, это путь к снижению вредных выбросов в виде отходящих дымовых газов стекловаренных печей.

В Томском политехническом университете разработан способ получения пеностекла через промежуточный продукт (стеклогранулят), который получают термообработкой шихты при температурах, не превышающих 950 °С. Стеклогранулят является исходным материалом для последующего вспенивания и получения ПСКМ с заданными характеристиками [2].

Обеспечение экологической безопасности относится к приоритетным направлениям деятельности во всех развитых странах. В настоящее время сложился определенный подход к оценке опасностей, направленных как на человека, так и исходящих от него. Этот подход основан на измерении риска, и суть его заключается в оценке и измерении различных видов опасностей в рамках единой теории. Опасности могут быть обусловлены авариями на предприятиях, загрязнением окружающей среды при их эксплуатации, природными катастрофами или повседневной человеческой деятельностью [3, 4]. Исследованиям по риску различной природы посвящено большое количество публикаций [5–7]. В данной работе рассмотрена прогнозная составляющая экологического риска в технологии производства ПСКМ, получаемого на основе стеклогранулята.

Процесс проведения анализа риска включает следующие основные этапы: планирование и организацию работ; идентификацию опасностей; оценку риска; разработку рекомендаций по уменьшению риска [8, 9]. Идентификация опасностей – выявление и описание всех источников опасностей и возможностей их реализации. При идентификации определяют, какие технические устройства, технологические процессы при производстве требуют глубокого анализа и являются наиболее опасными, а какие из них представляют меньшую опасность. Для идентификации экологических опасностей рекомендуется использовать один из нескольких методов анализа риска, приведенных ниже [5].

Первый метод – качественная оценка, основанная на изучении соответствия условий эксплуатации объекта. Метод наиболее эффективен при исследовании безопасности объектов с известной технологией. Так как технология производства пеностеклокристаллического материала является новой [10] и еще не применяется в промышленности, то данный метод не используется.

Второй метод – анализ видов и последствий отказов и работоспособности. Метод используется при отклонениях технологических параметров (температуры, давления и пр.) от уже разработанных регламентных режимов. На стадии разработки проектных решений изучаются условия и разрабатывается комплекс вопросов высокой устойчивости деятельности предприятия в случаях различных критических ситуаций, которые относятся к экологическим и производственно-экономическим рискам. К вопросам производственной и экологической безопасности относятся, в частности:

- пожаро- и взрывобезопасность технологических процессов;
- процессы с использованием вредных и опасных сырьевых материалов;
- использование газовых систем и оборудования, работающего под давлением;
- энергосистемы и сложное теплотехническое оборудование – печи, котлы и т. п.

Третий метод – оценка вероятности возникновения экологически опасных событий при производстве новых видов материалов. Как показывает практика, для выявления причинно-следственных связей возможных аварийных ситуаций достаточно использовать логико-графические методы анализа типа «деревьев отказов» и «деревьев событий». При анализе «деревьев отказов» рассматриваются различные комбинации отказов оборудования, нерасчетные внешние (техногенные) воздействия, приводящие к аварийной ситуации. Поэтому анализ экологических

рисков при получении стеклогранулята и пеностеклокристаллического материала проведен с использованием данного метода.

На рис. 1 представлена принципиальная технологическая схема получения ПСК-материала. Шихта для стеклогранулята обрабатывается в гранулированном виде на типовом стандартном оборудовании – во вращающихся печах, которое является более простым в обслуживании в сравнении с непрерывно работающими стекловаренными печами. Обработка шихты в гранулированном виде обеспечивает быстрый, равномерный прогрев гранул, рост химической активности и сохранение химической однородности шихты. При этом переход шихты в расплавленное состояние происходит постепенно, без полного разрушения гранул, т. к. быстрый рост количества жидкой фазы приводит к полному растеканию и слипанию. В качестве газообразователей можно использовать твердые углеродсодержащие материалы (кокс, сажа, антрацит, уголь) и жидкие (глицерин с жидким стеклом).

В структуре «дерева отказа» выделено одно главное событие, которое связано с целой группой нижестоящих событий, образующих причинные цепи. Для связи между событиями в узлах «деревьев» используются знаки «И» и «ИЛИ».

Для того чтобы отыскать и наглядно представить причинную взаимосвязь с помощью «дерева отказов», необходимы элементарные блоки, подразделяющие и связывающие события. Имеется два типа блоков: логические символы и символы событий. Логические символы связывают события в соответствии с их причинными взаимосвязями. Логический символ может иметь один или несколько входов, но только один выход, или выходное событие.

Логический знак «ИЛИ» \cup . Выходное событие логического знака ИЛИ наступает в том случае, если имеет место любое из входных событий.

Параметрический отказ будет иметь место, если будет реализовано следующее событие:

- ошибочный расчет условий оптимального режима термообработки шихт – нарушение технологического процесса получения стеклогранулята во вращающейся печи;
- отказ термопары – нарушение технологического процесса получения стеклогранулята во вращающейся печи;
- отказ датчика времени – нарушение технологического процесса получения стеклогранулята во вращающейся печи;
- ошибочно подобраны технические характеристики печи – нарушение технологического процесса получения стеклогранулята во вращающейся печи.

Функциональный отказ произойдет, если будут реализованы приведенные ниже прогнозируемые события:

- попадание металлических предметов – нарушение технологического процесса получения стеклогранулята во вращающейся печи;
- увеличение просыпи подаваемого материала – нарушение технологического процесса получения стеклогранулята во вращающейся печи;
- неправильная установка ротора – нарушение технологического процесса получения стеклогранулята во вращающейся печи;
- износ приводного ремня – нарушение технологического процесса получения стеклогранулята во вращающейся печи;
- перегрев подшипников – нарушение технологического процесса получения стеклогранулята во вращающейся печи;
- поступление влажного материала – нарушение технологического процесса получения стеклогранулята во вращающейся печи;
- повреждение корпуса – нарушение технологического процесса получения стеклогранулята во вращающейся печи.

На основе рассмотренных причинно-следственных связей представлено «дерево отказов» (рис. 2) при нарушении технологического процесса получения стеклогранулята во вращающейся печи.

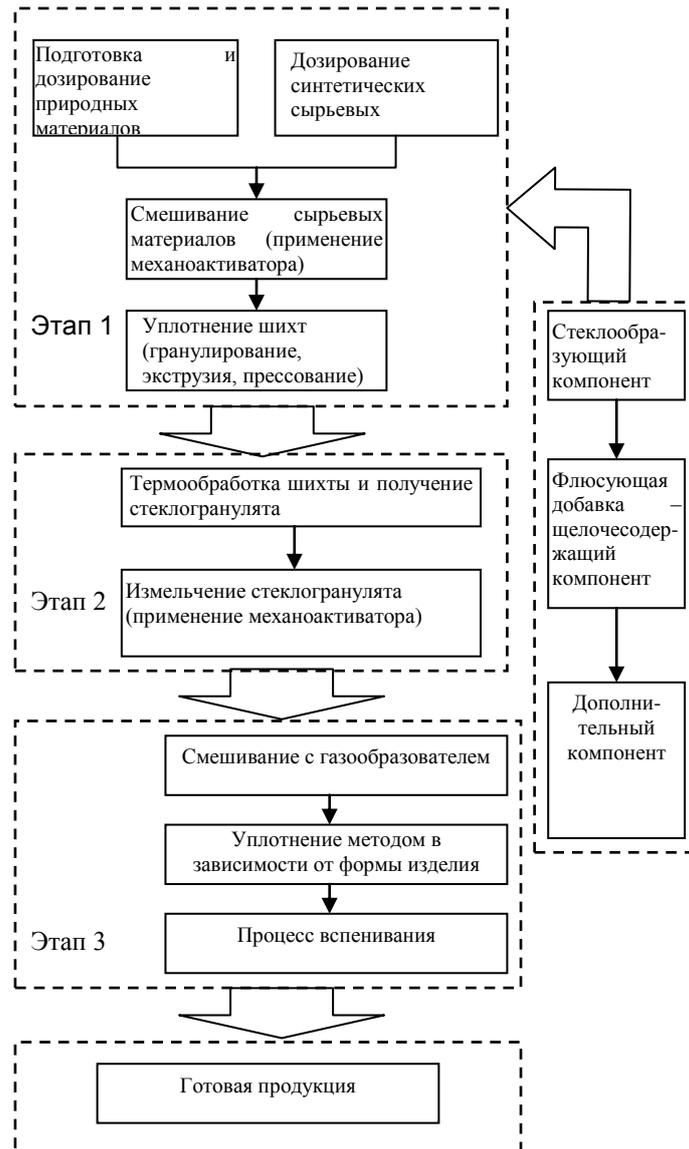


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема получения пеностеклокристаллических материалов

Установлено, что возможны как параметрический, так и функциональный отказы. Параметрический отказ вероятен в случае нарушения оптимального режима термообработки шихты. Функциональный отказ может иметь место при поступлении в печь материала с повышенной влажностью. Возможные нарушения технологического процесса, приводящие к параметрическому отказу в случаях 2, 3, 4, 5, 6 (рис. 2), маловероятны. Функциональные отказы в случаях 7, 8, 9, 11 также маловероятны. При нарушениях технологического процесса получения стеклогранулята в обоих случаях возникает угроза экологического риска, связанная с утилизацией некондиционного стеклогранулята.

Из анализа «дерева отказов» при нарушении технологического процесса получения стеклогранулята во вращающейся печи следует, что наиболее вероятной причиной нарушения технологического процесса являются функциональные отказы.

Таким образом, анализ технологии получения стеклогранулята показал высокую технологичность и безопасность производства пеностеклокристаллического материала. Эксплуатация любого производственного объекта, так или иначе, сопровождается рядом инцидентов, в отдельных случаях приводящих к выходу из строя оборудования.

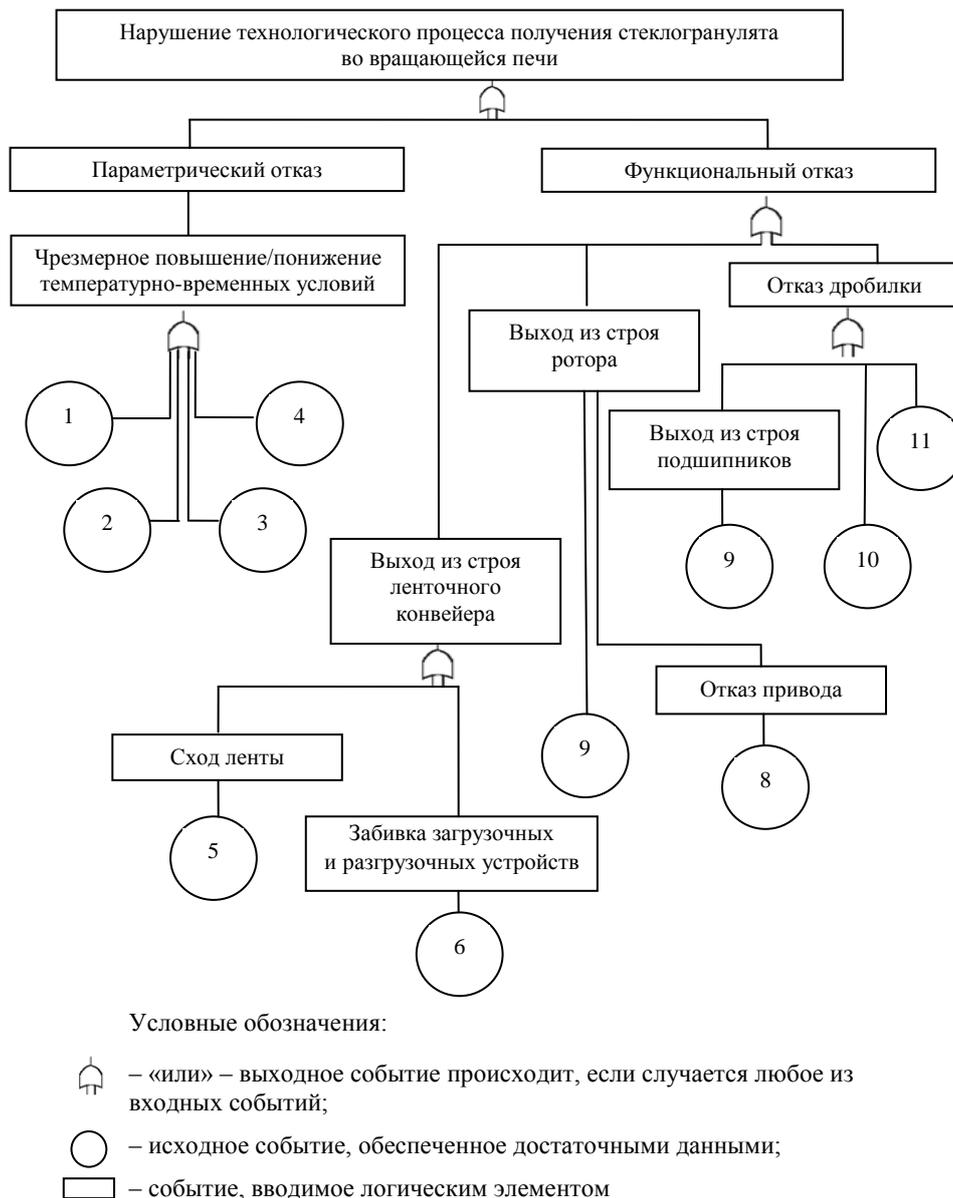


Рис. 2. «Дерево отказов» для процесса получения стеклогранулята во вращающейся печи:
 1 – ошибочный расчет условий оптимального режима термообработки шихты; 2 – отказ термопары;
 3 – отказ датчика времени; 4 – ошибочно подобраны технические характеристики печи; 5 –
 попадание металлических предметов; 6 – увеличение просыпи подаваемого материала; 7 –
 неправильная установка ротора; 8 – износ приводного ремня; 9 – перегрев подшипников; 10 –
 поступление влажного материала; 11 – повреждение корпуса

По результатам анализа и выявленных причин нежелательных событий в целях снижения производственных и экологических рисков для предприятий по производству ПСКМ в обязательном порядке предусматривается ряд мероприятий, необходимых для их устранения, направленных на снижение и предупреждение ошибок, ведущих к нарушению технологического процесса:

- системы сигнализации и автоматического пожаротушения, устройство специальных пожарных водоемов на промплощадке предприятия;
- дублирование систем электроснабжения, организация систем резервного топлива, а также организация независимых источников электроэнергии – дизель-генераторы для печей и т. п.;
- подготовка и обучение квалифицированного обслуживающего персонала;
- разработка техрегламента организации производства ПСКМ и обслуживания технологического оборудования;

– разработка мероприятий по действиям персонала в условиях отклонения технологического режима производства и исключения экологического и производственного риска.

Список литературы:

1. Федеральный закон Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» //Российская газета. – № 5079 от 31 декабря 2009 г.
2. Пат. 2326841. Российская Федерация. Способ получения гранулята для производства пеностекла и пеностеклокристаллических материалов / А.Н. Абьяка, В.И. Верещагин, О.В. Казьмина ; опубл. 20.06.08, Бюл. № 17, 2008. – С. 690.
3. Безопасность жизнедеятельности в машиностроении / В.Г. Еремин, В.В. Сафронов, А.Г. Схиртладзе [и др.]. – М. : Академия, 2008. – 382 с.
4. Трифонов, К.И. Физико-химические процессы в техносфере / К.И. Трифонов, В.А.-М. Девисилов. – М. : Форум-ИНФРА, 2010. – 239 с.
5. Осипова, Н.А. Техногенные системы и экологический риск / Н.А. Осипова. – Изд. 2-е. – Томск : Изд-во ТПУ, 2008. – 111 с.
6. Швыряев, А.А. Оценка риска воздействия загрязнения атмосферы в исследуемом регионе / А.А. Швыряев, В.В. Меньшиков. – М. : Изд-во МГУ, 2004. – 124 с.
7. Меньшиков, В.В. Опасные химические процессы и техногенный риск / В.В. Меньшиков, А.А. Швыряев. – М. : Изд-во МГУ, 2003. – 86 с.
8. ГОСТ Р 22.1.12–2005. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования. – М. : Изд-во стандартов, 2005. – 23 с.
9. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов: РД 03-418-01. – 2002.
10. Низкотемпературный синтез стеклогранулята из шихт на основе кремнеземсодержащих компонентов для получения пеноматериалов / О.В. Казьмина, В.И. Верещагин, Б.С. Семухин [и др.] // Стекло и керамика. – 2009. – № 10. – С. 5–8.

Производственная среда и условия труда. Опасные и вредные производственные факторы и их классификация

Видус А.В., Орлова К.Н.

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Юрга, Россия

В процессе работы на здоровье человека и его трудоспособность оказывают влияние определенные условия производственной среды.

Под производственной средой следует понимать совокупность неких химических, физических, биологических, эстетических и социально-психологических факторов внешней среды, которые воздействуют на человека.

Большее половины жизни человека приходится на его трудовую деятельность. Именно в процессе труда человек наиболее подвергается опасности. Это связано с тем, что современное производство наполнено множеством разнообразных технических средств.

Безопасность труда – это составная часть программы экономического и социального развития нашего общества. В нашей стране большое внимание уделяется созданию необходимых условий для охраны здоровья человека и безопасности его труда.

Производственная среда - это часть окружающей человека среды, которая включает в себя природно-климатические факторы и факторы, связанные с профессиональной деятельностью (вибрация, шум, токсичные пары, газы, пыль, ионизирующие излучения и др.), называемые вредными и опасными факторами.

К элементам производственной среды можно отнести следующее:

- предметы труда (то на что направлен труд человека);
- средства труда, подразделяются в свою очередь на две группы : природные или естественные (вода, лес, земля и т.д.) и производственные, или технические (здания, сооружения, машины и т.д.)
- продукты труда (то, что создал человек в процессе своей трудовой деятельности);[1]
- природно-климатические факторы;
- персонал и т.п.

Условия труда подразумевают под собой, совокупность факторов трудового процесса и рабочей среды, в которой осуществляется деятельность человека. Они зависят от характера труда.[4]

Так же на работников в производственной среде воздействует наибольшее количество внешних факторов.

В процессе трудовой деятельности на человека могут оказывать влияние два вида производственных факторов:

1. Опасные (т.е. вызывающие травму)
2. Вредные (вызывающие заболевания).

Классификация опасных и вредных производственных факторов наглядно представлена на Рисунке 1.



Рис.1 Классификация опасных и вредных производственных факторов

Данная классификация нужна для того, чтобы выявить опасные и вредные производственные факторы, которые могут возникнуть на производстве и уменьшить влияние этих факторов.

В целом под опасностью следует понимать негативное свойство живой и неживой материи, которые способны причинить вред человеку. Это может быть угроза здоровью и жизни человека, возможность нарушения функции экологических систем.

Опасные факторы - это факторы, приводящие к травме или летальному исходу.

Рассматривая вредные факторы можно сказать, что это факторы, которые негативно влияют на работоспособность, или вызывают профессиональные заболевания и другие неблагоприятные воздействия.

Можно сказать, что между опасным и вредным производственными факторами часто не существует четкой границы. В качестве наглядного примера можно рассмотреть воздействие на трудящегося человека расплавленного металла. Если рабочий попадает под его прямое воздействие (ожог), то, следовательно, это может привести к тяжелой травме или летальному исходу. В данном случае согласно определению воздействие расплавленного металла на пострадавшего является опасным производственным фактором.

Но если человек, постоянно работает на предприятии по расплавлению металла, то он напрямую подвергается воздействию лучистой теплоты, которую излучает этот источник, то в его организме под влиянием облучения происходят биохимические сдвиги. Вследствие чего, могут наступить нарушения деятельности нервной системы, и не исключены нарушения в деятельности сердечнососудистой системы. Таким образом, видно, что в данном случае

воздействие расплавленного металла на организм человека является вредным производственным фактором.[5]

Одни и те же опасные или вредные производственные факторы по природе своего действия могут относиться одновременно к различным классам. Выбор методов и средств обеспечения безопасности должен осуществляться на основе выявления этих факторов, присущих тому или иному производственному оборудованию или технологическому процессу. Важно уметь устранить опасность, а так же выявить и признать, что она существует, и определить ее характеристики.[2]

На современном этапе развития все большее распространение получает автоматизация рабочего процесса. Она освобождает человека от выполнения трудоемких, тяжелых работ, все это выполняют автоматические устройства и приборы. Но не стоит забывать, что предприятие должно обеспечить своему сотруднику безопасность условий труда, т.е. прим котором воздействие вредных и опасных производственных факторов на работающего исключено или не превышает гигиенических норм. Ведь основной целью всей системы охраны труда является сохранение жизни и здоровья работников (ст.210 ТК РФ).

Обеспечение безопасности и сохранение здоровья человека должно быть целью специалиста в любой сфере деятельности и при выполнении профессиональных обязанностей. То есть каждый руководитель своего предприятия должен стремиться улучшить условия труда своего сотрудника. Создание нормальных условий труда заключается в обеспечении благоприятной обстановки на рабочем месте – устранение тяжелых физических работ, труда во вредных и аварийных условиях, снижении его монотонности, нервной напряженности и т.д. [3] Ведь чем лучше эти условия, тем выше производительность труда. А если производительность труда выше, значит успех вашему предприятию обеспечен.

Таким образом, следует четко понимать, что относиться к опасным производственным факторам, а что к вредным. Чтоб избежать неблагоприятных последствий на предприятии.

Список литературы:

1. 1.Продук труда [электронный ресурс]-URL: <http://econtool.com/produkt-truda.html> (17.09.2014 г.)
2. Методы и средства защиты персонала от опасных и вредных производственных факторов [электронный ресурс]-URL: <http://www.nwbiot.narod.ru/2.htm> (25.09.2014г.)
3. Основные вредные производственные факторы и меры защиты от них [электронный ресурс]-URL: <http://www.portal-ot-saratov.ru/page>. (25.09.2014 г.)
4. Производственная среда, условия труда и факторы, их определяющие понятие и основные элементы производственной среды. Условия труда [электронный ресурс]-URL:<http://economy.ru.com/ekonomika-truda-knigi/proizvodstvennaya-sreda-usloviya-truda-36406.html> (29.09.2014г.)
5. 5.Формирование опасностей в производственной среде [электронный ресурс]-URL: <http://lib4all.ru/base/B3329/B3329Part14-89.php> (29.09.2014г.)
6. Трудовой кодекс Российской Федерации (ТК РФ), (действующая редакция от 28.06.2014), [электронный ресурс]-URL: <http://www.consultant.ru> (29.09.2014 г.)

Влияние сверхвысокочастотного излучения в быту на человека

Гайдамак М.А., Орлова К.Н.

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Юрга, Россия

Сверхвысокочастотное излучение (СВЧ-излучение) — электромагнитное излучение, включающее в себя дециметровый, сантиметровый и миллиметровый диапазон радиоволн (длина волны от 1 м — частота 300 МГц до 1 мм — 300 ГГц). Однако границы между инфракрасным, терагерцовым, микроволновым излучением и ультравысокочастотными радиоволнами приблизительны и могут определяться по-разному. [1]

В прогрессивной свертехнологичной жизни сверхвысокочастотные волны употребляются очень активно. Посмотрите на Ваш мобильный телефон – он действует в спектре сверхвысокочастотного излучения. Все технологии, в том числе Wi-Fi, беспроводной Wi-Max, LTE (Long Term Evolution), радиointерфейс небольшого радиуса действия как Bluetooth, системы радиолокации и радионавигации применяются сверхвысокочастотные (СВЧ) волны.

Почти у всех дома на кухне стоит СВЧ -печь. С ее помощью разогревают пищу. Работа этого приспособления базируется на поляризационных эффектах микроволнового излучения.

Следует отметить, что в отличие от инфракрасного излучения, подогрев продуктов с помощью СВЧ волн, происходит изнутри. Следовательно, разогрев в СВЧ печи и в обыкновенной- это разные процессы. [2]

В любой микроволновой печи установлен магнетрон. В нем создается электромагнитное поле, с протяженностью волны приблизительно 2450 Мега герц (2,45 Гига герц). Данные волны, контактируя с молекулами еды, заменяют их полярность с + на - и обратно за каждый цикл волны т.е. миллионы раз в секунду [3].

Магнетрон — это мощная электронная лампа, генерирующая микроволны при взаимодействии потока электронов с магнитным полем. [4]

Действие СВЧ излучения на организм человека. Происходит частичное поглощение его энергии тканями тела. Благодаря действию высокочастотных электромагнитных полей в тканях образуются высокочастотные токи, которые сопровождаются тепловым эффектом. Долгое и постоянное действие на организм СВЧ-излучения вызывает сонливость, повышение артериального давления, время от времени возникающую головную боль, повышенную утомляемость, боль в области сердца.

Самое сильное поглощение СВЧ волн происходят в тканях с наибольшим содержанием воды: слизистая желудка и кишок, кровь, хрусталик глаза, тканевая жидкость и т.д. [5]

Исходя из продолжительности присутствия около источника облучения (СВЧ-излучения), более 100 Вт/м² и даже 10 Вт/м², возникает помутнение хрусталика глаза, ухудшение зрения, повышается возбудимость.

«Предельно допустимые уровни плотности потока энергии, создаваемой микроволновыми печами» величина утечки СВЧ излучения печи ограничивается по плотности потока энергии электромагнитного излучения, максимальное ее значение 10 мкВт/см² на дистанции 50 сантиметров от точки корпуса печи, при нагревании 1 литра воды. [6]

Из литературных источников известно, что СВЧ печи имеют наиболее высокий уровень излучения в сравнении с другими бытовыми приборами.

В связи с вышеуказанным, рекомендуется применение следующих правил защиты от сверхвысокочастотных излучений в быту:

1. При покупке бытовой техники, проверить отвечает ли она всем требованиям безопасности санитарных норм.
2. Для здоровья человека более безопасен, прибор с меньшей мощностью.
3. Дистанция от постоянного местонахождения человека до прибора должно быть не менее 1,5 метра
4. Внимательно изучайте аннотацию к приборам, в них должны указываться безопасные расстояния

Вывод: Так как СВЧ печи пользуются большим спросом, растет количество людей, подвергающих себя риску СВЧ облучения. Для снижения вредного воздействия СВЧ излучения нужно разработать комплекс мер по обеспечению безопасности от сверхвысокочастотного излучения.

Список литературы:

1. http://ru.wikipedia.org/wiki/Микроволновое_излучение
2. <http://go-radio.ru/microwave.html>
3. <Http://www.elsmog.ru/index.php/vliaynieemi/mikrovoln.html>
4. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Магнетрон>
5. <http://sites.google.com/site/smogelectro/glavnaa/svc/vlianie-svc>
6. http://bez-emi.ru/mikrovolnovaya_pech

Обеспечение безопасности при работе с опасными вирусными инфекциями

Долговых К.С., Чулков Н.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

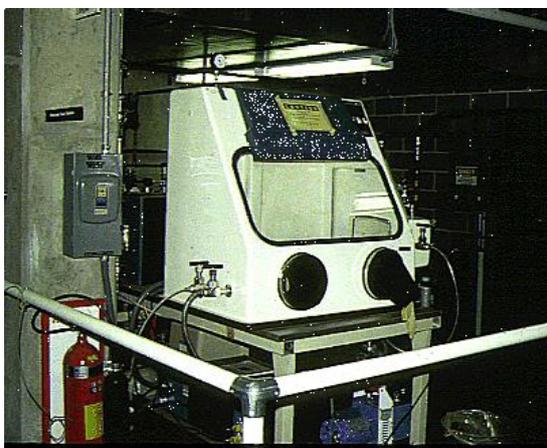
В последние месяцы мировая общественность обеспокоена возникшей вспышкой эпидемии вирусного заболевания - лихорадки Эбола, и её распространением на африканском континенте. Заболевание начало распространяться и на другие континенты. В связи с этим мы рассматриваем обеспечение безопасности при организации работ с опасными вирусными инфекциями в производственных и лабораторных условиях.

На сегодняшний день самое опасное вирусное заболевание - острая вирусная высококонтагиозная болезнь, вызываемая вирусом Эбола. Редкое, но крайне опасное заболевание. Вспышки эпидемии зафиксированы в Центральной и Западной Африке, летальность составляла от 25 до 90 % (в среднем 50 %). Надежной вакцины от лихорадки Эбола на данный момент не существует.

Впервые вирус Эбола был идентифицирован в экваториальной провинции Судана и прилегающих районах Заира (сейчас Демократическая республика Конго) в 1976 году. В Судане заболело 284 человека, из них умерло 151. В Заире— 318 (умерло 280). Вирус был выделен в районе реки Эболы в Заире. Это дало название вирусу.[1]

В России вспышки этого заболевания встречались 3 раза, и все заражения были получены в лабораторных условиях. В научно исследовательских центрах велись работы по разработке вакцин. Для этого заражали подопытных животных, затем отбирали у них кровь и из крови готовили препараты для приготовления вакцины.

Первое заражение произошло в 1988 году в перчаточной камере, при отборе образца крови путем отбора инъекцией у подопытной мыши, зараженной вирусом Эбола. По инструкции при проведении инъекции, подопытного животного нужно было привязать к деревянной панели.



Фактически инъекцию подопытному делали, держа в руках, и при этом лаборант иглой проткнул мышью и игла выйдя из тела мыши, уколола руку микробиологу. Так впервые в нашей стране вирус попал в тело человека.

Рис. 1. Перчаточная камера

Второй случай произошел В 1996 году, умерла лаборантка вирусологического центра НИИ микробиологии МО РФ в Сергиевом Посаде, которая заразилась вирусом Эбола по неосторожности, уколов себе палец, когда делала инъекции кроликам.[1]

Третий случай 19 мая 2004 года, от лихорадки Эбола умерла Антонина Преснякова, 46-летняя старшая лаборантка отдела особо опасных вирусных инфекций НИИ молекулярной биологии Государственного научного центра вирусологии и биотехнологии «Вектор». Как было установлено, 5 мая 2004 года лаборантка проколола себе кожу при проведении инъекций подопытным морским свинкам.[1]

На момент первых заражений все сотрудники имели пневмокостюм «Антибелок-5» резиновый скафандр с окошком. По нашему мнению, самое уязвимое место-пневмокостюма - резиновые перчатки. Резиновые перчатки применяются для того чтобы исследователь чувствовал пальцами предмет, которого касается.[2].



Заменить резину другим материалом считалось невозможно.

Рис. 2 пневмокостюм «Антибелок-5»

На данный момент вакцины не создано. Во многих странах ведутся работы по созданию вакцины. Вирус Эбола между тем мутирует и стал более устойчивый к среде(температура, влажность). И если раньше он передавался от зараженного человека к другим людям только через кровь, слюну, слезы (то есть если здоровый человек, у которого есть микротравмы на коже, прикоснется к носителям вируса.), то сейчас и просто через поверхности, к которым прикасался больной.[2]

В нашей стране обеспечение безопасности при работе с опасными вирусными инфекциями достигается проведением работ в технических устройствах- перчаточной камере, выполненной согласно ГОСТ Р ИСО 14644-7-2007

Перчаточный бокс представляет собой герметичную камеру, снабженную, как минимум, парой перчаток, и предназначенную для работы с веществами, чувствительными к воздействию влаги и кислорода воздуха.

Технические характеристики перчаточного бокса, обеспечивающие безопасность для персонала и окружающей предприятие природной среды:

Отсутствие скреплений или склеенных мест в корпусе бокса, сварные швы, соединяющие стены бокса;

Легкость при открывании или удалении переднего закрепленного окна бокса;. Возможность замены пары перчаток;

Шаровые вентили для удаления газа из бокса и заполнения его инертным газом;

Шлюзовая камера из стали и с двумя вертикально открывающимися алюминиевыми дверцами, снабженная манометром для измерения давления с диапазоном измерения от 0 до 1,5 атм., а также термопарная вакуумная лампа для измерения вакуума в шлюзовой камере в пределах от 10⁻⁴ до 1 мм рт. ст.;

Шаровые вентили (условный диаметр 3/4"), присоединенные к шлюзовой камере: для откачки газа, напуска воздуха и заполнения инертным газом бокса;

Легкость при открывании и закрывании шлюзовой камеры;

Настольная система конструкции бокса;

Бокс выдерживает давление на 5 мбар (50 мм водяного столба) выше или ниже атмосферного;

Система циркуляции воздуха обеспечена фильтром для очистки газа и вентилятором.

Так как самым уязвимым местом при работе в перчаточной камере резиновые перчатки, предлагается рассмотреть комплектацию технических устройств сверх прочными к проколам и порезам резиновыми перчатками. В этих перчатках могут быть использованы технологии нанесения и закрепления защитных элементов, как при производстве кольчужных перчаток[4].

В Америке уже существуют подобные армированные перчатки компании HexArmor, но за пределы США они не поставляются. Их смысл заключается в том, что у них существует мелко-чешуйчатый армированный слой, который вне большой степени влияет на чувствительность предмета в руке, но при этом существенно снижает риск случайного прокола.

Создание таких перчаток в России сведёт к минимуму механические повреждения при работе с колющими и режущими предметами. В том числе при работе с опасными вирусными инфекциями.

Список литературы:

1. Материал из Википедии. Геморрагическая лихорадка Эбола / https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D1%80%D1%80%D0%B0%D0%B3%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BB%D0%B8%D1%85%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%BA%D0%B0_%D0%AD%D0%B1%D0%BE%D0%BB%D0%B0
2. Электронная версия газеты Комсомольская правда/ <http://nsk.kp.ru/daily/26295/3172968/>
3. ГОСТ Р ИСО 14644-7-2007/ <http://vsegost.com/Catalog/11/1118.shtml>
4. Нормы DIN EN 1082-1 / DIN EN 14328 / DIN EN 1811 Кольчужные перчатки nirofl ex.

Разработка новых методик определения ионов тяжелых металлов в сточных водах с помощью фармакологически-активных веществ

*Елина В.В., Садомцева О.С., Шакирова В.В., Хабарова О.В., Жуковина Н.В.,
Кожина А.Д., Цаплин Д.Е.*

Астраханский государственный университет, г. Астрахань, Россия

Вода представляет собой важнейшее химическое соединение, определяющее возможность существования жизни на Земле вообще и человека в частности. Она играет исключительную роль в процессах обмена веществ, составляющих основу жизни. Огромное значение вода имеет в промышленном и сельскохозяйственном производстве. Общеизвестна необходимость ее для жизненных потребностей человека, растений и животных. Для многих живых существ она служит средой обитания. Ежегодный расход воды на земном шаре по всем видам водоснабжения

составляет 3300-3500 км³. Дефицит пресной воды уже сейчас становится мировой проблемой. Все более возрастающие потребности в воде заставляют ученых всего мира искать разнообразные средства для решения этой проблемы.

Очистка сточной воды - один из важнейших факторов здоровья человека, а ее источники подвергаются антропогенному и техногенному воздействию разной интенсивности. Проблема качества воды затрагивает очень многие стороны жизни человеческого общества в течение всей истории его существования. В настоящее время сточная вода - это проблема социальная, политическая, медицинская, географическая, а также инженерная и экономическая.

Наряду с проблемой качества воды, также возникает проблема идентификации загрязняющих веществ и очистки ее от токсикантов. В связи с этим одним из важнейших вопросов экологической химии является определение ионов тяжелых металлов в промышленных сточных водах. При решении этой задачи используются химические, физико-химические, биологические и термические методы. Одним из наиболее распространенных методов определения ионов металлов в промышленных сточных водах является спектрофотометрический метод. Так же физико-химический подход является актуальным для создания новых систем идентификации ионов тяжелых металлов в сточных водах. В связи с этим возникает необходимость в теоретических и экспериментальных исследованиях, направленных на разработку эколого-химических основ новых высокоэффективных методов обнаружения ионов тяжелых металлов в производственных стоках.

В качестве объекта исследования нами были выбраны ионы тяжелых металлов, а именно Co^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , которые пагубно влияют на здоровье человека. В основе многих спектрофотометрических методик определения ионов металлов лежат реакции комплексообразования их с различными органическими реагентами (таблица №1).

Таблица 1. Таблица результатов исследования

№	Me^{n+}	Ind	Орг.реагент	λ , нм	l , см	pH
1.	Fe^{3+}	пирокатехиновый фиолетовый, (ПКФ)	тиамин	640	1	6
2.	Cu^{2+}	Диметилглиоксим, (ДМГ)	аскорбиновая кислота	400	1	6
3.	Co^{2+}	Диметилглиоксим, (ДМГ)	дофамин	500	1	9
4.	Fe^{2+}	бромфеноловый синий, (БФС)	пиридоксин	440	1	7

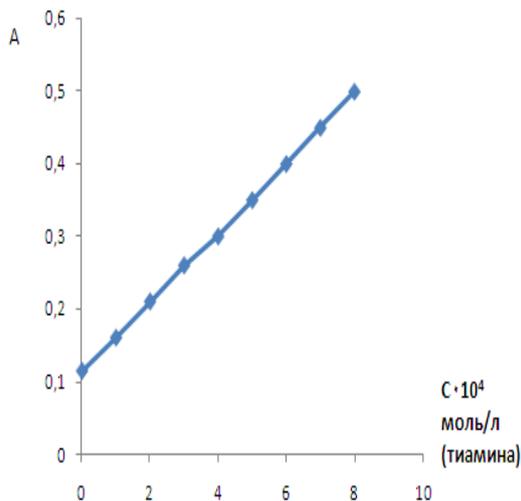


Рис.1. Градуировочный график для определения тиамин.

$C(\text{ПКФ}) = 10^{-4}$ моль/л, $C(\text{Fe}) = 10^{-4}$ моль/л, $\lambda = 640$ нм,
pH = 6,0, $l = 1,0$ см, ПЭ5400

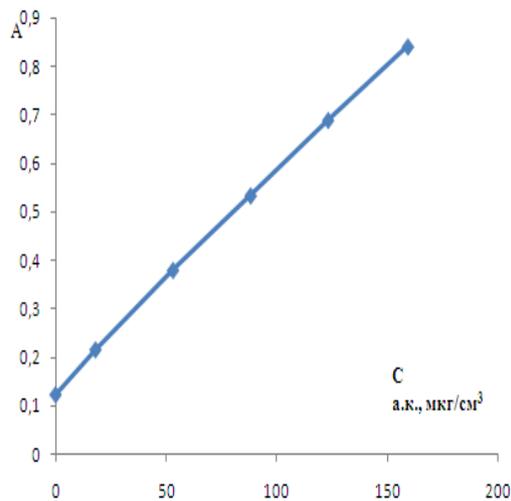


Рис.2. Градуировочный график для определения аскорбиновой кислоты.
 $C(\text{ДМГ}) = 10^{-4}$ моль/л, $C(\text{Cu}^{2+}) = 10^{-4}$ моль/л, $\lambda = 400$ нм, pH=6, $l=1$ см, ПЭ5400

В ходе исследования были изучены физико-химические закономерности процесса комплексообразования ионов тяжелых металлов с органическими реагентами: определены термодинамические параметры реакций, проведены стехиометрические расчеты реагентов и

образующихся комплексных соединений, изучена кинетика химических реакций, проходящих в водных растворах, определены пиковые концентрации ионов в промывных стоках (рис 1,2,3,4).

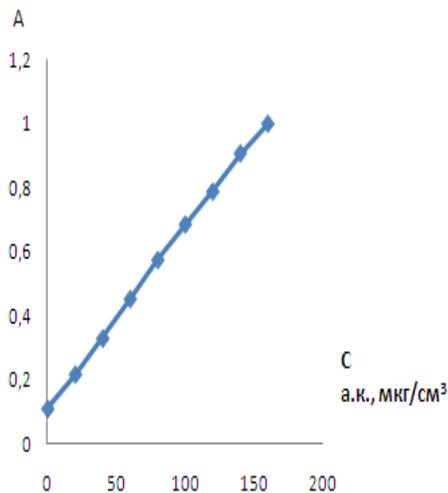


Рис. 3. Градуировочный график теоретически рассчитанный для определения дофамина
рН = 9; l = 1см; ПЭ5400

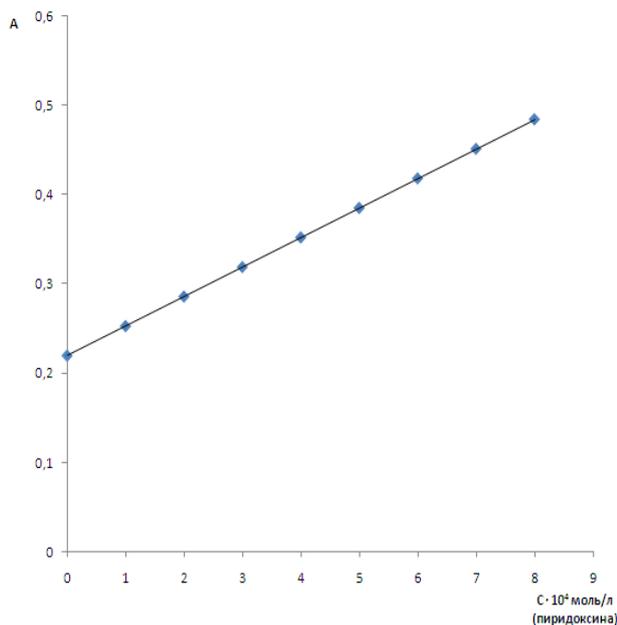


Рис.4. Теоретически рассчитанный градуировочный график для определения пиридоксина.
 $C(\text{БФС}) = 5 \cdot 10^{-5}$ моль/л, $C(\text{Fe}^{2+}) = 10^{-4}$ моль/л, $\lambda = 440\text{нм}$,
рН = 7.0, l = 0,5 см, ПЭ5400

Таблица №2. Таблица результатов исследования физико-химических свойств

№	Me ⁿ⁺	C, г/л	ϵ	T, К	τ , мин	Уравнение градуировочной кривой
1.	Fe ³⁺	$10^{-5} - 7 \cdot 10^{-4}$	$4,75 \cdot 10^3$	273	240	$y = (0,161 \pm 0,074) + (0,320 \pm 0,0127)x$
2.	Cu ²⁺	$2,5 \cdot 10^{-5} - 8 \cdot 10^{-4}$	$4,27 \cdot 10^3$	298	180	$y = 0,12 + 0,15x_i$
3.	Co ²⁺	$5 \cdot 10^{-5} - 8 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^3$	298	300	$y = (0,0059 \pm 0,0003) + (0,1067 \pm 0,040)x$
4.	Fe ²⁺	$10^{-5} - 9 \cdot 10^{-4}$	$4,6 \cdot 10^3$	298	280	$y = (0,220 \pm 0,023) + (0,531 \pm 0,154)x$

Согласно результатам представленным в таблице 2, время жизни исследуемых комплексов, достаточно высоко, область определения ионов металлов лежит в широком интервале концентраций. Таким образом, образование достаточно устойчивых окрашенных комплексных соединений позволяет в дальнейшем разработать достаточно чувствительные, доступные и оригинальные методики определения ионов тяжелых металлов по светопоглощению комплекса.

Список литературы:

1. Хабарова О.В., Елина В.В., Данилова М.С., Великородов А.В., Тырков А.Г. «Определение тетрациклина реакцией с молибденом и люмогаллионом»// Научно-технический журнал «Химия и химическая технология». вып. 2. - Иваново. Из-во: ИГХТУ, 2013 г. –с 29-31.
2. Карибьянц М.А., Мажитова М.В. «Исследование возможности определения эмоксипина с м-крезолфталеконом SA и в присутствии ионов железа»// «Естественные науки», №1. – Астрахань. Из-во: «Астраханский университет», 2009 г. –с 33-40.
3. Калюжина А., Карибьянц М.А., Мажитова М.В., Утеулиева Г.К. « Исследование влияния ионов меди на равновесия в растворах лидокаина»// «Современные проблемы теоретической и экспериментальной химии», вып.7. – Саратов. Из-во: «КУБиК», 2010 г. –с 139-141.
4. Беспямятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник. – Л.: Химия, 1985.– с 528.

Анализ современных видов вентиляции и требований к ним*Звонарева А.С., Орлова К.Н.**Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Юрга, Россия*

Вентиляционные системы создают условия для поддержания в помещении заданных климатических условий для высокопродуктивной работы человека или технологического процесса. В первом случае система вентиляции будет называться комфортной, а во втором случае- технологической.

Количество подаваемого воздухообмена рассчитывается на разбавление выделяющихся вредностей до допустимых концентраций в рабочей зоне. Основным показателем для выбора этого способа является выделения возможных источников вредностей по всей или по значительной площади и расположение мест нахождения людей.

Задачей вентиляции в помещении является поддержание состояние воздушной среды в соответствии с нормируемыми характеристиками для комфортного существования человека.

Целью работы явилось: определение современных видов вентиляции, анализ требований к системе вентиляции.

В современном обществе для жизнедеятельности и комфорта человека большое значение имеет качество воздуха. От этого непосредственно зависит самочувствие, комфорт и здоровье человека, отвечающие требованиям санитарных норм, технологических процессов, строительных конструкций зданий, технологий хранения и т.д.

Качество воздуха определяется его физическими свойствами и химическим составом, а так же наличием в нем посторонних частиц. Техника вентиляции, в современной жизни человека, служит для искусственного оздоровление воздушной среды.

Вентиляция- это регулируемый воздухообмен помещения и наружным микроклиматом, а также само устройство, которое его создает. Основной задачей вентиляции является обеспечение нормативных значений чистоты воздуха и микроклимата помещения. Суть вентиляции заключается в поддержание химического и физического состояния воздуха, т.е. вентиляция обеспечивает определенные метеорологические параметры чистоты воздуха и воздушной среды. Вентиляция устраняет ряд вредных воздействий, к ним относятся: избыточная теплота, влага, пары химических веществ и газы, пыль, радиоактивные вещества. [1]

Существует 11 видов вентиляции:

1.естественная, обуславливается силой ветра и разницей температур комнатного и наружного воздуха. Ветровой воздушный напор оказывает на одну из сторон здания давление, таким образом вгоняя в помещение воздух, а с подветренной стороны воздух отсасывает из помещения за счет разрежения. Для эффективного усиления естественной вентиляции в доме, необходимо проложить трубы вентиляционные канала на кухне, в ванной и в туалетных комнатах, а заканчиваются они на крыше дома;

2.механическая, при данном виде вентиляции применяют механические приборы(вентиляторы, воздухонагреватели, электродвигатели, автоматика, пылеуловители и др.), которые позволяют перемещать воздух на большие расстояния;

3.вытяжная, предполагает выводить из помещения загрязненный или нагретый уже отработанный воздух;

4.приточный, вид механической вентиляции, который служит для подачи чистого воздуха вместо удаленного в помещение;

5.местный, вид вентиляции, который направлен на некоторые загрязненные участки в помещении;

6.местная вытяжная, такая вентиляция используется в те моменты, когда места выделения различных отрицательных веществ, выделений в одном помещении локализованы, поэтому есть возможность остановить их быстрое распространение по всей территории помещения;

7.местная приточная, местные притоки для подачи свежих воздушных масс к рабочей территории;

8.общеобменная, равномерно удаляет воздух со всего вентилируемого посещения;

9.общеобменная вытяжная, вентилятор, который расположен в отверстии стены или в окне, такая установка помогает удалить воздух из ближайшей к вентилятору территории;

10.общеобменная приточная, удаляет излишнюю влагу, тепло, газы;

11.бесканальная и канальная; [2]

Требования к системам вентиляции и кондиционирования зависят от задач, для решения которых устанавливаются эти системы. Однако есть общие принципы, которые нужно учитывать при проектировании систем.

Воздушный комфорт людей, находящихся в помещении, зависит от нескольких параметров, которые можно регулировать с помощью систем вентиляции и кондиционирования. Микроклимат характеризуется:

1. температурой воздуха
2. относительной влажностью
3. скоростью движения воздуха (подвижностью).

Для различных типов помещений (жилые, общественные, производственные) существуют нормативы и правила (СНиПы, санитарные нормы), устанавливающие оптимальные и допустимые параметры воздуха.

Оптимальные (рекомендуемые) параметры - это наиболее благоприятные условия для наилучшего самочувствия человека (область комфортного кондиционирования), условия для протекания технологического процесса, сохранность ценностей культуры (область технологического кондиционирования воздуха). Если человек находится в помещении с оптимальными параметрами воздуха, он ощущает тепловой комфорт и имеет высокую работоспособность.

Допустимые (обязательные) параметры микроклимата устанавливаются для тех случаев, когда оптимальные параметры почему-либо не соблюдаются (по техническим или экономическим причинам). Если человек находится в помещении с допустимыми параметрами микроклимата, он может почувствовать временный дискомфорт и снижение работоспособности.

Кроме того, санитарные нормы регламентируют:

1. чистоту воздуха (загрязнение в воздухе рабочей зоны не должно превышать ПДК)
2. максимально допустимый уровень шума
3. минимальный расход свежего воздуха на одного человека.

Для ряда технологических процессов нужно точное поддержание определенных параметров воздуха (температуры, влажности, очистки). Система кондиционирования и вентиляции должна справляться с их выполнением.

Если количество и качество продукции на производстве зависит от точности режима технологии, а не от производительности сотрудников, то в таком помещении нужно поддерживать параметры воздуха, оптимальные для производственного процесса. Если же производительность определяется в основном людьми, работающими в помещении, то основное внимание нужно уделять комфортности персонала.

В помещении нужно подавать свежий воздух (возможно, очищенный) - естественным или механическим путем.

Помимо санитарных требований необходимо учесть при выборе и проектировании системы вентиляции строительные-монтажные требования и архитектурные требования.

Существует три обязательных требования по дизайну системы:

1. Размещать внешние блоки на фасаде здания в некоторых случаях запрещено;
2. С интерьером, должны быть увязаны внутренние элементы;
3. Если имеется подвесной потолок, то за ним можно скрыть воздуховод и т.д.

Система оборудования должна иметь минимальную площадь и быть габаритной. Это важно при реконструкции уже имеющихся зданий. Так же важна простота монтажа, минимальные затраты труда и времени на ввод в эксплуатацию оборудования.

Для пожаро- и взрывоопасных помещений необходимо предусмотреть дополнительную защиту: огнезадерживающие клапаны, специальные схемы прокладки коммуникации. В противном случае, по вентиляционным каналам могут распространиться огонь и дым и тем самым нанести огромный ущерб людям и зданию.

Необходимо учесть в вентиляционном оборудовании вибро- и звукоизоляцию.[3]

Вентиляция непосредственно связана с качеством воздушной среды. Состояние духоты в воздухе вызывает увеличение количества углекислого газа и уменьшение кислорода. Повышенная концентрация углекислого газа приводит к удушью, сердечной недостаточности и к кислородному голоданию мозга. Отравляет организм человека повышенная концентрация в воздухе: пыль, табачный дым и другие загрязнители. Неприятные запахи раздражают нашу нервную систему, снижают трудоспособность. Пониженная скорость воздуха приводит к застою воздуха в различных частях помещений, это приводит к ускоренному размножению плесени и бактерий, а повышенная вызывает ощущение сквозняка. Человек, находившийся в помещении, ощущает на

себе воздействие любого из этих факторов. Именно из-за отсутствия циркуляции воздуха, плохого проветривания и недостаточного притока свежего воздуха в здании создаются условия, при которых вредные вещества могут действовать на людей, представляя непосредственную угрозу для его здоровья.

В настоящее время практически не существует препятствий для улучшения в помещении качества воздуха. Выработаны в этой области современные требования, которые обязаны выполняться.

Список литературы:

1. Вентиляция [Электронный ресурс]- URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Вентиляция> (13.09.2014)
2. Вентиляция, ее назначения и виды [Электронный ресурс]- URL: <http://xreferat.ru/76/2827-1-ventilyaciya-ee-naznachenie-i-vidy.html> (13.09.2014)
3. Методическое пособие «Требования к системам кондиционирования и вентиляции» с.1-3 (13.09.2014)

Проблемы экологической обстановки в Самарской области

Карташева Е.В., Забержинский Б.Э.

ФГБОУ ВПО Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

Экологическая обстановка – это одна из главных проблем в 21 веке. С каждым годом увеличивается уровень воздействия человека на окружающую среду. На данный момент одними из основных причин загрязненности являются: выбросы промышленных предприятий, а также автомобильные выхлопы.

Самым грязным городом России является Норильск, который также входит в Мировой рейтинг. По количеству выбросов загрязняющих веществ в атмосферу он опережает Москву в два раза (таблица 1). Самарская область в общем рейтинге занимает 17 место.

Таблица 1. Объем выбросов в атмосферу загрязняющих веществ

Место	Город	Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, тыс. т.
1	Норильск	1959,5
2	Москва	995,4
3	Санкт-Петербург	488,2
17	Самара	137,6

Причины загрязнения во всех городах различны. В Норильске 99,5% приходится на стационарные источники, самым загрязняющим предприятием является «Норильский Никель». Воздух Норильска перенасыщен различными веществами: диоксидом азота, диоксидом серы, свинцом, сероуглеродом, ксилолом. От этого средняя продолжительность жизни в среднем на 10 лет меньше, чем в других городах.

В Москве, Санкт-Петербурге и Самаре основная причина загрязнения – это автомобильные выбросы. Показатели равны 92,8%, 85,9% и 73,8%.

В первую десятку самых грязных населенных пунктов в основном входят города, представляющие собой металлургические, нефтеперерабатывающие или химические полисы.

Самарская область – крупный промышленный комплекс. Основными источниками загрязнения региона являются предприятия строительной, топливно-энергетической, нефтеперерабатывающей, металлургической, авиационно-космической отраслей, а также автомобильный и железнодорожный транспорт. Всего в городе находится более ста промышленных предприятий. Больше всего вреда окружающей среде наносят ОАО «Завод авиационных подшипников», ОАО «Самарский металлургический завод», ОАО «Металлист-Самара», Новокуйбышевский НПЗ, ОАО «Гольянтиазот». Наиболее опасные вещества, которые выбрасывают заводы, это: формальдегид, фенол, окислы азота, хлористый водород.

Объединив выбросы предприятий от стационарных источников по укрупненным отраслям промышленности, получим следующие показатели:

1. Предприятия нефтепереработки – 66%;
2. Электро- и теплоэнергетика – 14%;
3. Стройиндустрия – 5%;
4. Металлопереработка и машиностроение – 8%;
5. Остальное – 7%.

Как отмечалось ранее, в Самаре также основным источником загрязнения являются автомобильные выбросы. Количество собственных легковых автомобилей на 1000 человек с каждым увеличивается (таблица 2).

Таблица 2. Число собственных легковых автомобилей на 1000 человек

Год	2010	2011	2012	2013
Самарская область	236,3	254,8	257,2	285,0

Помимо легковых автомобилей, указанных в таблице, имеется грузовой транспорт, автобусы и т.д. Суммарные годовые выбросы автотранспорта составляют более 100 тыс. тонн вредных веществ.

В совокупности выхлопные трубы автомобилей, трубы заводов и электростанций выбрасывают в воздух довольно большое количество тонн угарного газа и других токсичных веществ. В результате промышленных и автотранспортных выбросов показатель загрязненности воздуха в Самарской области на 43% больше, чем в среднем по России.

Последствия плохой экологической обстановки в регионе – это более активное развитие болезней, вследствие чего повышается смертность населения. Вредные промышленные и автотранспортные выбросы вызывают болезни органов дыхания, проникают через легкие в кровь, также ведут к распространению трех наиболее серьезных заболеваний:

1. Бронхиальная астма – проявляется дыхательной недостаточностью, во время приступов присутствует риск смертельного исхода;
2. Идиопатические аллергические реакции – крайне тяжело вылечить;
3. Дерматологические хронические заболевания – разного рода дерматиты, которые сложно лечить, также являются довольно опасными.

Плохая экологическая обстановка является одной из причин развития онкологических заболеваний и болезней системы кровообращения (таблица 3). Они наиболее часто ведут к летальному исходу (таблица 4).

Таблица 3. Заболеваемость населения, человек

	2011 год	2012 год
Новообразования	58502	55817
Болезни системы кровообращения	85191	94364

Таблица 4. Смертность населения, человек

	2011 год	2012 год
Злокачественные новообразования	6737	6766
Болезни системы кровообращения	24575	22940

Как видно из таблиц, с каждым годом либо увеличивается количество больных по данным видам болезней, либо возрастает смертность по данным показателям.

В 2013 году возросло количество онкозаболеваний с 1,5% до 4%. Также возросла смертность – на 54 случая.

Любое изменение экологии в отрицательную сторону может иметь довольно негативные последствия. Увеличение автотранспорта, строительство новых промышленных комплексов и т.д. наносит большой урон на экологическую обстановку в регионах.

Одной из программ «Росатома» является строительство ядерных могильников на территории Российской Федерации. Захоронение радиоактивных отходов атомных электростанций – одна из самых сложных и спорных проблем. Для их хранения требуются большие территории.

Самарская область попала в список претендентов на строительство, а это может иметь больше негативные последствия для региона, нежели положительные. Уже на этапе перевозки радиоактивные вещества представляют собой большую опасность для общества.

Строительство подобных ядерных могильников грозит высоким уровнем различных опасных заболеваний (таких как онкология), а также ещё большему повышению смертности. Как было выявлено ранее, в последние годы данный показатель и так увеличивается. Экологическая обстановка в Самарской области не самая благоприятная. Поэтому строительство подобного рода ядерных могильников только ухудшит ситуацию.

Снижение уровня заболеваемости является основополагающим принципом любого социального государства, и, несомненно, приводит к повышению уровня ВВП, росту численности населения, повышению качества жизни. Задача государства – способствовать зарождению экологических программ внутри городов и предприятий. Несмотря на то, что это требует финансовых вложений, полученный результат всегда больше как для бизнеса, так и для страны. Необходимо снижать налогооблагаемую базу – это должно мотивировать компании к внедрению новых экологически чистых производств.

Сегодня все медицинские учреждения Самарского региона бьют тревогу. Тяжелая заболеваемость растет из года в год. В эту статистику попадает большинство трудоспособного населения. Ещё одна проблема – нехватка количества технологического оборудования.

На сегодняшний день показатели достигли критических значений. Уже достаточно долгое время не видно реального снижения показателя смертности и роста показателя благополучия. Небольшое влияние на качество жизни оказывает перенос производства из города за его пределы. Однако увеличение транспортного потока внутри мегаполиса негативно влияет на окружающую среду.

Нормализация сложившейся ситуации видится в выборе правильных стратегий. Важно постоянно контролировать уровень вредных веществ в атмосфере, т.е. проводить мониторинг состояния окружающей среды. Обеспечивать экологически безопасный сбор, вывоз и переработку отходов. В обществе должна формироваться экологическая культура. Только в совокупности всех методов можно добиться улучшения состояния экологической обстановки как в Самарской области, так и в других регионах.

Список литературы:

1. <http://www.city.samara.ru/administration/program/18582>
2. <http://ria.ru/infografika/20130806/954525899.html>
3. http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/transport/#
4. <http://3oomir.ru/bolezni-vy-zy-vaemy-e-plohoj-e-kologicheskoy-situatsiej.html>

Совершенствование работы насосно-фильтровальных станций Карайского водозабора г. Междуреченска

Квасцова Н.В., Назаренко О.Б.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Источником водоснабжения г. Междуреченска (Кемеровская обл.) являются поверхностные воды р. Томь, которая берет начало в Кузнецком Алатау на западном склоне Абаканских гор. В данном регионе качество воды в реке позволяет ее использовать после очистки для централизованного водоснабжения. Питание р. Томь носит смешанный характер, почти половина стока обусловлена таянием снега. Для реки характерно высокое, продолжительное весеннее половодье, неустойчивая летне-осенняя межень, низкая продолжительная зимняя межень.

Очистку и подачу воды хозяйственно-питьевого качества в г. Междуреченск обеспечивает Карайский водозабор, который находится на правом берегу р. Томь. Водозабор предназначен для забора из источника расчетного расхода воды и подачи её потребителю, а также для защиты системы водоснабжения от попадания в нее с водой сора, водорослей, наносов, льда. В данной работе проанализирована работа насосно-фильтровальных станций Карайского водозабора и разработаны рекомендации по повышению эффективности водоподготовки.

Технологическая схема очистки воды на станции зависит от параметров качества сырой воды и устанавливается на основании технологических анализов. Физико-химические показатели качества воды р. Томь в районе Карайского водозабора г. Междуреченска представлены в таблице.

Качество воды в р. Томь по многим показателям соответствует нормативам СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода». В отдельные периоды года не выполняются требования по показателю мутности и цветности. Следует отметить высокую бактериальную загрязненность речной воды: коли-индекс 60–2400, максимальный – 70000. В соответствии с классификацией поверхностных источников водоснабжения р. Томь на данном участке может быть отнесена к 1-ому классу. Следовательно, для доведения качества воды до требований СанПиН 2.1.4.1074-01 требуется обеззараживание, фильтрование с коагулированием или без него.

Карайский водозабор построен по проекту «Гипрокоммунводоканалпроекта» и пущен в работу с проектной производительностью 30 тыс. м³/сут в 1965 г. В 1987 г. произведена

реконструкция водозабора по проекту Сибирского отделения ГПИ «Водоканалпроект» с увеличением производительности до 61 тыс. м³/сут.

Таблица. Показатели качества воды в р. Томь

Показатели качества воды	2012	2013	СанПиН 2.1.4.1074-01
1	2	3	4
Мутность, мг/л - межень - паводок	0,2–6,0 4,5–70		1,5
Водородный показатель, рН	7,9	7,88	6-9
Взвешенные вещества, мг/дм ³	24,72	52,52	
Сухой остаток, мг/дм ³	141,20	256,00	1000
Щелочность, мг-э/дм ³	1,97	4,07	-
Хлориды, мг/дм ³	10,14	10,46	350
Сульфаты, мг/дм ³	20,24	21,04	500
Железо общее, мг/дм ³	0,23	0,49	0,3
Жесткость, мг-экв/дм ³	2,19	4,63	7,0
Фосфаты РО ₄ /Р, мг/дм ³	0,06	0,18	0,05
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,19	0,15	0,1
Перманганатная окисляемость, мгО/дм ³	2,93	6,25	5,0
ХПК, мгО/дм ³	11,87	21,76	-
Нитраты NO ₃ , мг/дм ³	3,77	6,29	45
Нитриты NO ₂ , мг/дм ³	0,035	0,14	3,0
Аммоний, мг/дм ³	0,25	1,76	2,6
Гидрокарбонат, мг/дм ³	119,00	225,0	-
Растворенный кислород, мгО/дм ³	8,00	9,90	н/м 4,0

Основными процессами очистки воды на Карайском водозаборе являются осветление, фильтрация и обеззараживание. Технологическая схема очистки воды на станции зависит от параметров качества сырой воды и устанавливается на основании технологических анализов.

Мутность воды в р. Томь изменяется от 0 до 50,0 мг/л, достигая в определенные периоды 130 мг/л; мутность воды в межень 0,2–6,0 мг/л; мутность воды в паводок – 4,5–70 мг/л. В зависимости от мутности воды в источнике работа насосно-фильтровальных станций может производиться по одной из трех схем: при мутности более 10 мг/л – схема «а», от 1,5 до 10 мг/л – схема «б», до 1,5 мг/л – схема «в».

Схема «а» – двухступенчатая схема, при которой производится объемная коагуляция. В работе находятся все сооружения (смеситель, отстойники, фильтры). Ввод реагентов производится по следующей схеме: хлор – перед смесителем, сода – перед смесителем, оксихлорид алюминия – в нижнюю часть смесителя через камерно-лучевой смеситель, праестол – через камерно-лучевой смеситель в трубопровод подачи воды в камеры хлопьеобразования (рис. 1).

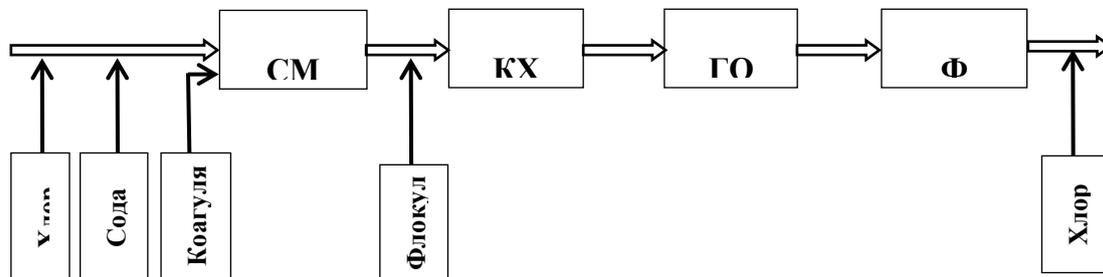


Рис. 1. Схема с объемной коагуляцией: См – смесители; КХ – камеры хлопьеобразования; ГО – горизонтальные отстойники; Ф – скорые фильтры

Коагуляция – это процесс укрупнения частиц взвеси, находящейся в воде, под действием химической обработки [1]. Химическая обработка осуществляется добавлением в воду

коагулянтов, снижающих агрегативную устойчивость примесей и образующих коллоиды, сорбирующие на себе загрязнения. Коагуляция завершается образованием крупных агрегатов и их отделением от водной среды в отстойных сооружениях.

На насосно-фильтровальных станциях Карайского водозабора в качестве коагулянта используется оксихлорид алюминия $Al_2(OH)_5Cl \cdot 6H_2O$. Преимуществами оксихлорида алюминия является более высокая эффективность при очистке маломутных цветных вод, особенно в периоды с низкими температурами воды; повышение качества очищенной воды по цветности и мутности; снижение дозы реагента на 15–30 % по сравнению с сернокислым алюминием и др. [2].

В случаях, когда природной щелочности воды недостаточно для связывания ионов водорода производят искусственное подщелачивание воды содой.

На процесс коагуляции оказывает большое влияние температура воды. При низкой температуре улучшение процесса коагуляции достигается применением флокулянта. В качестве флокулянта используется Праестол. Механизм действия Праестола основан на адсорбции его молекул на частицы примесей воды и гидроксидов алюминия. Благодаря вытянутой форме молекулы праестола, адсорбция происходит с несколькими частицами гидроксида, которые в результате связываются полимерными мостиками в тяжелые крупные и прочные агрегаты.

Очистка воды в свободном объеме происходит в два этапа:

1 этап – смешивание исходной воды с реагентом в смесителе, хлопьеобразование в камере реакции, предварительное осветление воды в горизонтальных отстойниках.

2 этап – фильтрация на скорых фильтрах.

При мутности исходной воды до 10 мг/л очистка на насосно-фильтровальных станциях осуществляется в режиме контактной коагуляции – схема «б». При работе по схеме с контактной коагуляцией задействованы все сооружения (смеситель, отстойники, фильтры). Но ввод коагулянта в этом случае осуществляют непосредственно перед фильтрами (рис. 2).

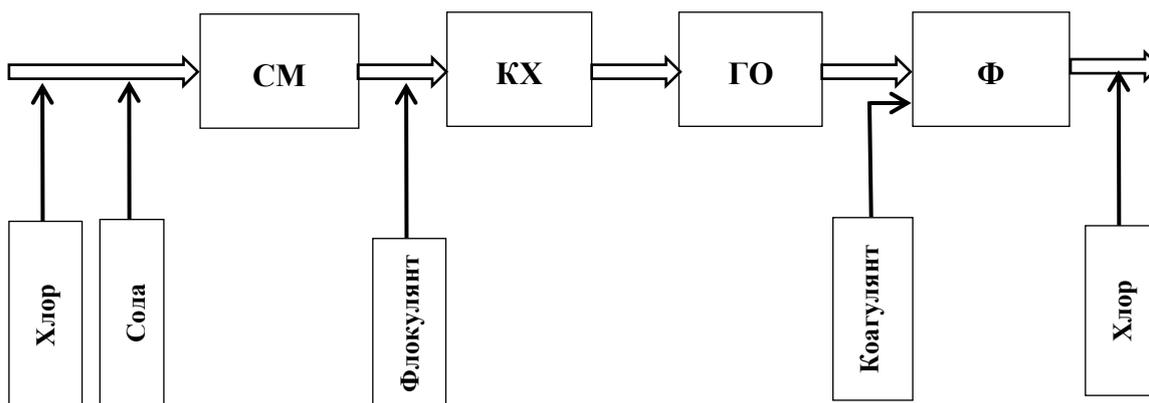


Рис. 2. Схема с контактной коагуляцией: СМ – смесители; КХ – камеры хлопьеобразования; ГО – горизонтальные отстойники; Ф – скорые фильтры

Контактная коагуляция – технологический процесс, заключающийся в адсорбции примесей, потерявших устойчивость на поверхности частиц фильтрующей загрузки. В основе процесса лежат силы молекулярного притяжения, которые проявляются только при условии движения жидкости, когда мелкие частицы примесей воды, преодолев электростатические силы отталкивания, сближаются с зернами фильтрующей загрузки.

Контактная коагуляция характеризуется большой скоростью процесса и высоким эффектом при меньших затратах коагулянта. Это объясняется тем, что в воду вводится только такое количество коагулянта, при котором образовавшиеся ионы алюминия участвуют в обменной адсорбции катионов, а процесс образования гидроокиси не происходит и та часть коагулянта, которая участвовала в процессе, экономится. Наряду с высокой скоростью процесса контактная коагуляция отличается также и большой полнотой извлечения из воды примесей. Это позволяет при обработке маломутных вод достигать высокого качества очистки процессом фильтрации. При сокращении интервала между вводом коагулянта и его поступлением в фильтрующую загрузку эффект контактной коагуляции повышается.

Другими особенностями контактной коагуляции являются независимость процесса очистки от щелочности и температуры воды, меньшее влияние рН и др.

Применение схемы «в» – очистка воды без коагуляции – возможно при мутности в источнике водоснабжения менее 1,5 мг/л (рис. 3). Производится только двухступенчатое обеззараживание воды (первичное хлорирование производится перед поступлением на сооружения, вторичное хлорирование – перед РЧВ). Отстойники и камера реакций используются в качестве проточных емкостей для увеличения времени контакта воды с хлором.

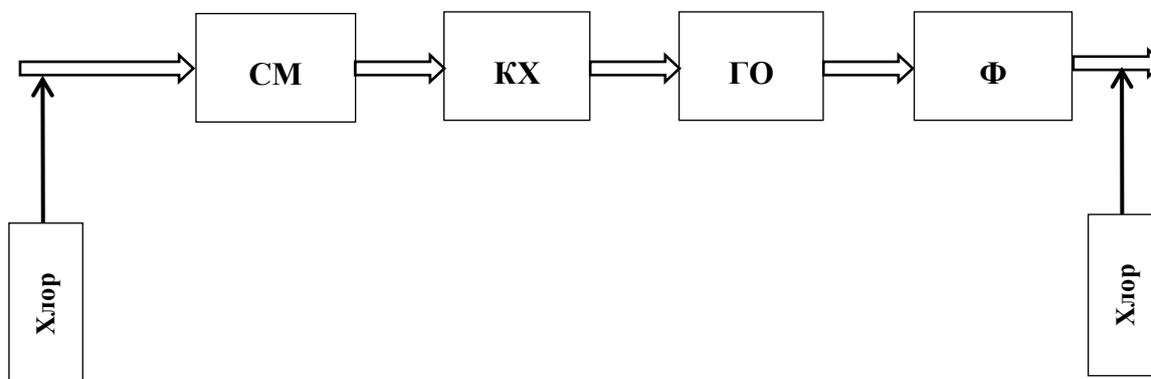


Рис. 3. Схема без коагуляции: СМ – смесители; КХ – камеры хлопьеобразования; ГО – горизонтальные отстойники; Ф – скорые фильтры

В случае осветления высокомутных вод, например, в период паводка мутность воды в р. Томь достигает значения 70 мг/дм^3 , обычная промывка фильтров насосно-фильтровальных станций оказывается недостаточно неэффективной [3]. Повышение эффективности промывки фильтров может быть достигнуто установкой следующих устройств и приспособлений:

1. защитных козырьков промывных желобов для уменьшения выноса в них песка при промывке;
2. дросселирующих отбойных щитов под желобами фильтра, направляющих поток промывной воды из-под желоба к середине фильтра;
3. вращающейся распределительной системы для верхней промывки фильтра в дополнение к обычной с целью отмывки загрязнений в верхнем слое фильтрующей загрузки и экономии промывной воды.

Список литературы:

1. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка: Учебн. пособие для вузов. – Москва: Издательство МГУ, 1996. – 680 с.
2. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П. Особенности применения коагулянтов для очистки природных цветных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. – № 1. – С. 9–15.
3. Клячко В.А., Апельцин И.Э. Очистка природных вод. – М.: Издательство литературы по строительству, 1971. – 580 с.

Синтез адсорбента на основе вторичного стеклобоя

Кобякова А.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время во всех развитых странах проблемы экологического состояния окружающей среды и вторичного использования различных материалов являются главными. Остро стоит вопрос утилизации твердых бытовых отходов, среди которых стекло занимает особое место, в силу того, что представляет собой незлагающийся отход, засоряющий почвенный слой земли [1]. Переработка и рациональное использование стеклобоя в качестве альтернативного источника минерального сырья является актуальным вопросом. Отходы стекла принято подразделять на сортовой (возвратный) и вторичный (покупной) стеклобой. Состав сортового боя полностью соответствует химическому составу стекла, вырабатываемому в стекловаренной печи. В связи с этим большинство стекольных заводов полностью возвращают брак собственного стекла в технологический процесс. При этом утилизация отходов обеспечивает (при 60 % использовании) экономию соды (1 т стеклобоя снижает расход кальцинированной соды на 140–145 кг), 6 % энергии, 50 % чистой воды и 54 % естественных ресурсов [2]. Вторичный стеклобой,

образующийся в сфере потребления, как правило, имеет переменный химический и фазовый состав, наличие примесей, что сдерживает его использование.

Известны следующие направления использования отходов стекла: промышленность строительных и теплоизоляционных материалов, дорожное строительство, стекольная промышленность и прочие области применения. В связи с экологическими проблемами и необходимостью экономии топливно-энергетических ресурсов исследования по созданию композиционных материалов с техногенными отходами, включая стеклобой, являются одними из интенсивно развивающихся направлений [5–7]. Наряду с этим возможности применения промышленного стеклобоя в качестве минерального сырья раскрыты еще не полностью, поэтому внимание исследователей привлекают новые направления использования отходов стекла. Например, разработка британских ученых, которые предложили использовать бой стекла в процессе очистки загрязненной воды для удаления свинца, кадмия и других токсичных металлов подобно ионообменному фильтру [8]. С этой целью разработан простой метод преобразования отходов стекла в минерал тоберморит, который как ионообменный материал способен извлекать ионы токсичных металлов из промышленных стоков, сточных вод или загрязненных грунтовых вод.

Цель работы – получение сорбента на основе вторичного стеклобоя для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов.

Задачи исследования:

1. разработать компонентный состав исходной шихты для синтеза тоберморита на основе стеклобоя;
2. изучить физико-химические характеристики синтезированных сорбентов;
3. оценить адсорбционную способность полученного минерала для очистки воды от тяжелых металлов.
4. разработать технологическую схему очистки сточных вод с помощью полученных сорбентов.

Тоберморитовая группа является представителем цепочечных силикатов, минерал относится к низкоосновным силикатам кальция с общей формулой $\text{Ca}_5\text{Si}_6\text{O}_{16}(\text{OH})_2n\text{H}_2\text{O}$ (где n меняется от двух до восьми молекул). В природе данный силикат образуется в результате метаморфизма карбонатных пород и обычно имеет белый или светло-розовый оттенки, полупрозрачный с шелковистым блеском [9]. Тобермориты имеют слоистое строение и отличаются друг от друга количеством межслоевой воды и межслоевыми расстояниями: тоберморит 14 Å (пломбьерит), тоберморит 11,3 Å, тоберморит 9,3 Å (риверсайдит). Искусственный аналог тоберморита синтезируется при взаимодействии портландцемента с водой и играет важную роль в процессе схватывания цемента [10], также его можно получать на основе различных видов отходов [11–13]. Молекулярная модель тоберморита (рис. 1) представлена слоями бесконечных цепочек тетраэдрических группировок $[\text{SiO}_4]^{4-}$, которые, соединяясь между собой, чередуются со слоями оксида кальция, выстраиваясь в упорядоченную структуру. В свободных полостях структуры располагаются молекулы воды. Синтетические гидросиликаты кальция отличаются от природных регулируемой степенью дисперсности, однородностью по составу и строению, низким содержанием примесей. Особенность структуры минерала позволяет использовать его в качестве ионообменного материала. Высокорастворимая поверхность дисперсных порошков гидросиликатов делает их эффективными экологически безопасными наполнителями и сорбентами различных веществ.

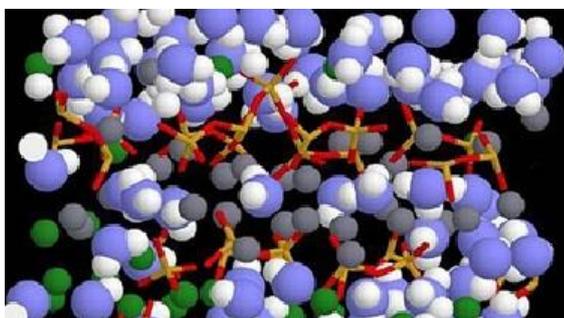


Рис. 1. Молекулярная модель C-S-H: серым и белым цветом показаны атомы кислорода и водорода в молекуле воды, черным – ионы кальция (внутрислойные и межслойные), палочками – атомы кремния и кислорода в тетраэдрах (иллюстрация PNAS)

Из классической литературы известно, что процесс автоклавного твердения известково-песчаных изделий можно интенсифицировать, вводя в состав исходной смеси добавки, ускоряющие процесс образования цементирующего вещества [14]. Все добавки условно делят на две группы. Первая включает большое количество растворимых в воде соединений, которые, находясь в растворе, ускоряют реакцию взаимодействия с кремнеземом в условиях автоклавной обработки. Вторая группа представляет собой активные тонкодисперсные добавки, вводящие в состав массы кремнезем, глинозем или оксид железа, а также их соединения. В настоящей работе опробованы составы с дополнительно введенным железосодержащим шламом водоподготовки (далее ЖСШ), состоящим преимущественно из гетита и лепидокрокита, включающих железо в оксидно-гидроксидной форме (FeOОН). Содержание основных компонентов смеси для синтеза тоберморита рассчитывалось с учетом стехиометрической формулы тоберморита и химического состава самих компонентов (табл. 1, 2).

Таблица 1. Химический состав тоберморита и компонентов смеси

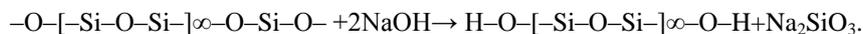
Оксидный состав тоберморита			Компонент смеси	Массовое содержание, %		
оксид	число молей	мас. %		SiO ₂	CaO	NaOH
SiO ₂	6	49	стеклобой	72	6	-
CaO	5	38	известь	-	95	-
H ₂ O	5,5	13	едкий натр	-	-	98,5

Таблица 1. Содержание компонентов в исходных смесях

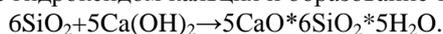
Компонент смеси	Массовое содержание, %				
	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Стеклобой	54,4	54,5	54,5	54,5	58,1
Известь	42,4	41,5	38,5	34,5	38,5
Едкий натр	3,2	3,0	2,0	1,0	3,4
ЖСШ	-	1,0	5,0	10,0	-

Для наиболее полного протекания реакций необходимо, чтобы исходные материалы имели высокую степень дисперсности, поэтому смесь предварительно измельчалась в шаровой мельнице до порошкообразного состояния с последующим прессованием образцов в виде таблеток (d=30 мм). Далее образцы подвергались термообработке в автоклаве при 190 °С, давлении 10 атм. в течение 5 ч. Данные параметры автоклавирования предварительно подобраны экспериментально, путем изменения температурно-временного режима (температура менялась в пределах 170...200 °С, давление 5–12 атм., выдержка 4–6 ч) и оценки фазового состава синтезированного продукта [16]. Химические процессы, протекающие при термообработке, можно представить в следующем виде:

1. На первой стадии щелочного взаимодействия происходит разрыв кремнекислородного каркаса стекла, в результате чего стекло разрушается. Активное действие ионов щелочи приводит к высвобождению на поверхности стекла ионов ОН⁻ и повышению его реакционной способности. В высокощелочной среде кремнезем, входящий в состав стекла, частично переходит в растворимый силикат.



2. На второй стадии синтеза гидросиликатов кальция в первую очередь происходит взаимодействие активного кремнезема стекла с гидроксидом кальция и образование тоберморита.



Полученные адсорбенты исследовали методами комплексного термического и рентгенофазового анализов (РФА). На термограммах всех образцов наблюдаются три эндозффекта, связанные со следующими процессами: 90-113 °С – дегидратация низкоосновных гидросиликатов кальция; 440-455 °С – разложение Ca(OH)₂; 670-714 °С – разложение мелкодисперсного CaCO₃. На термограмме образца 3 и образца 5 практически отсутствует пик, связанный с разложением Ca(OH)₂. Это указывает на то, что весь гидроксид кальция вступил во взаимодействие с образованием гидросиликатов кальция, что подтверждается данными РФА. На термограмме образца 5 наблюдается экзозффект 700-750 °С, указывающий на кристаллизацию волластонита из тоберморита. Несмотря на то, что гидросиликаты кальция в присутствии CaCO₃ трудно определяются из-за совпадения самого интенсивного пика (3.03 Å), в фазовом составе образцов 3 и 5 (рис. 4, 5) преобладают гидросиликаты кальция тоберморитовой группы

(тоберморит, риверсайдит и пломбьерит). На дифрактограмме образца 1 обнаружены дифракционные максимумы, принадлежащие тобермориту, кальциту (CaCO_3) и порتلандиту ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).

Исследование адсорбционных свойств сорбентов показало, что степень очистки от ионов тяжелых металлов (Cu, Zn, Ni) составила 71,8- 99,9 %. Лучшие сорбционные свойства показал образец 5 (таблица 3). Данные РФА показали, что в образце 5 было синтезировано наибольшее количество минералов тоберморитовой группы. На термограмме данного образца практически отсутствовал пик, соответствующий разложению гидроксида кальция. Этот факт указывает на то, что весь гидроксид кальция вступил в реакцию, с образованием низкоосновных гидросиликатов кальция тоберморитовой группы. Водопоглощение образца 5 оказалось наибольшим и составило 69%. Это указывает на высокую пористость сорбента, что является одной из главных характеристик любого сорбента.

Таблица 3. Результаты изучения адсорбционных свойств тоберморитовых адсорбентов меди ($10,6 \text{ мг/дм}^3$), цинка ($88,9 \text{ мг/дм}^3$) и никеля ($1,49 \text{ мг/дм}^3$).

а- содержание ионов тяжелых металлов после очистки, б-эффективность адсорбции (%)

Условия эксперимента	Показатели эффективности очистки воды от ионов:					
	Cu		Zn		Ni	
	а	б	а	б	а	б
Образец 1	0,15	98,6	9,3	89,5	0,23	84,6
Образец 2	0,25	97,6	25,1	71,8	0,28	81,2
Образец 3	0,12	98,9	1,29	98,5	0,064	95,7
Образец 4	0,17	98,4	6,6	92,6	0,21	85,9
Образец 5	0,022	99,8	0,22	99,8	0,0015	99,9

Полученные в работе экспериментальные результаты являются основой для разработки технологической схемы очистки сточных вод при статических условиях (рис.2). Сточная вода и сорбент подаются в смеситель-реактор (1), где происходит интенсивное перемешивание смеси, после чего смесь поступает в отстойник (2). После отстаивания в течение суток происходит выпуск отработанного сорбента и очищенной воды.

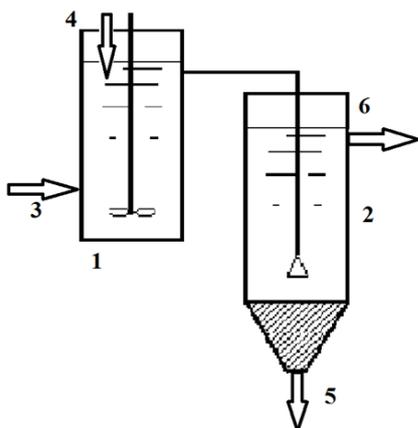


Рис.2. Схема сорбционной установки для очистки сточных вод гальванического производства: 1-смеситель-реактор, 2-отстойник, 3-подача сточной воды на очистку, 4-ввод сорбента, 5-выпуск отработанного сорбента, 6-выпуск очищенной воды.

Выводы:

- Установлена принципиальная возможность получения тоберморитовых адсорбентов из стеклобоя и отходов водоподготовки, пригодных для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов.
 - Установлено, что наилучшую адсорбционную способность (до 99,9%) имеют образцы, содержащие: 58,1 % стеклобоя, 38,5 % гашеной извести и 3,4 % гидроксида натрия, что объясняется образованием наибольшего количества гидросиликатов кальция тоберморитовой группы.
- Предложена технологическая схема установки по очистке сточных вод при статических условиях с использованием адсорбента, синтезированного из отходов стекла

Список литературы

1. Imteaz M.A., Ali M.M.Y., Arulrajah A. Possible environmental impacts of recycled glass used as a pavement base material // Waste Management&Research. – 2012. – V. 30. – № 9. – P. 917–921.

2. Боженев П.И. В сб.: Безотходные технологии и использование вторичных продуктов и отходов в промышленности строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1985. – С. 38–40.
3. Edwards K.L., Axinte E., Tabacaru L.L. A critical study of the emergence of glass and glassy metals as «green» materials // *Materials&Design*. – 2013. – V. 50. – P. 712–723.
4. Mueller J.R., Boehm M.W., Drummond C. Direction of CRT waste glass processing: Electronics recycling industry communication // *Waste Management*. – 2012. – V. 32. – № 8. – P. 1560–1565.
5. Alani A., MacMullen J., Telik O., Zhang Z.Y. Investigation into the thermal performance of recycled glass screed for construction purposes // *Construction and Building Materials*. – 2012. – V. 29. – P. 527–532.
6. Зайцева Е.И. Строительные безобжиговые композиты на основе боя технических стекол // *Ж. Рос. Хим. об-ва им. Д.И. Менделеева*. – 2003. – Т. XLVII. – № 4. – С. 26–31.
7. Makowski C., Finkl C.W., Rusenko K. Suitability of Recycled Glass Cullet as Artificial Dune Fill along Coastal Environments // *Journal of Coastal Research*. – 2013. – V. 29. – № 4. – P. 772–782.
8. Coleman N.J. 11 Ctobermorite ion exchanger from recycled container glass // *Int. J. of Environment and Waste Management*. – 2011. – V. 8. – № 3/4. – P. 366–382.
9. Либау Ф. Структурная химия силикатов. – М.: Мир, 1988. – 416 с.
10. Антипина С.А., Верещагин В.И. Термостойкий материал для литья алюминия // *Известия Томского политехнического университета*. – 2009. – Т. 314. – № 3. – С. 8–11.
11. Coleman N.J. Interactions of Cd (II) with waste_derived 11 C tobermorites // *Separation and Purification Technology*. – 2006. – V. 48. – P. 62–70.
12. Reinik J., Heinmaa I., Mikkola J.P., Kirso U. Hydrothermal alkaline treatment of oil shale ash for synthesis of tobermorites // *Fuel*. – 2007. – V. 86. – P. 669–676.
13. Coleman N.J., Trice C.J., Nicholson J.W. 11 Ctobermorite from cement bypass dust and waste container glass: a feasibility study // *Int. J. Miner. Process*. – 2009. – V. 93. – P. 73–78.
14. Боженев П.И. Технология автоклавных материалов. – Л.: Стройиздат, 1978. – 368 с.
15. Лебедева Е.Ю., Казьмина О.В. Синтез тоберморита на основе промышленного стеклобоя. Перспективы развития фундаментальных наук: Труды IX Междунар. конф. студентов и молодых учёных. – Томск, 2012. – С. 420–422.

Экологическая оценка состояния атмосферного воздуха на примере г. Воронежа

Костылева Л.Н., Булгакова Л.М.

Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.

Жуковского и Ю.А. Гагарина»,

Воронежский государственный университет инженерных технологий, г. Воронеж, Россия

Атмосферный воздух является одним из наиболее значимых факторов среды обитания, оказывающих влияние на здоровье человека. Воздушная среда города значительно отличается по своим характеристикам от состояния воздушной атмосферы в природных системах, находящихся в тех же природно-климатических условиях. Любое отклонение от нормы и, следовательно, загрязнение воздуха неблагоприятно влияет на здоровье людей, поэтому охрана атмосферного воздуха считается приоритетной проблемой оздоровления природной среды в целом.

Исследования проводились на примере г. Воронежа. Основные источники поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух представлены промышленными предприятиями города и автотранспортом. Причем автотранспорт является основным источником загрязнения атмосферы, на его долю в г. Воронеже приходится 85 % общего загрязнения воздушного бассейна; а 15 % - на стационарные источники загрязнения: промышленные предприятия и теплоэнергетику.

В г. Воронеже зарегистрировано 12426 действующих источников загрязнения воздушного бассейна, в выбросах которых присутствуют 324 наименования веществ. Ежегодно в приземный слой атмосферы города от стационарных источников поступает порядка 15 тыс. 370 тонн химических веществ.

В структуре выбросов подавляющая доля (около 80,3%) приходится на газообразные и жидкие загрязняющие вещества.

Основной вклад в загрязнение атмосферы г. Воронежа вносят:

- предприятия дорожно-транспортного комплекса - 20%;
- предприятия пищевой промышленности - 20%;
- предприятия теплоэнергетики - 17%;

- предприятия промышленности строительных материалов - 10%.

Приоритетными загрязняющими атмосферный воздух веществами на протяжении последних лет считаются оксид серы IV, на долю которого приходится 24 % от общего объема выбросов, оксид углерода II и оксид азота IV – по 23,5 %, пыль неорганическая – 16 %.

Наиболее значительными промышленными источниками выбросов поллютантов являются: ТЭЦ-1 – 34 % от общего объема выбросов по городу, ТЭЦ-2 – 16 %, «ВАСО», «Воронежский комбинат строительных материалов» - 4 %, «Воронежсинтезкаучук» - 3,5 %, «Амтел-Черноземье» – 2,2 %.

Данные предприятия являются основными источниками загрязнения атмосферы оксидом серы IV, оксидами азота, углерода, твердыми веществами, летучими органическими веществами.

Для каждого района города характерно преобладание определенных видов выбросов вредных веществ, обусловленных спецификой производства и разнообразием производственных процессов.

Особенностью стационарных источников в г. Воронеже является то, что большая их часть (75%) сконцентрирована на значительно малой площади в двух промышленных районах города - Левобережном и Коминтерновском. Основными источниками поступления в атмосферу химических веществ, и, в первую очередь, оксида серы IV являются предприятия энергетики - ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2, расположенные в этих районах. На их долю приходится 34,8% от общего объема выбросов в атмосферу.

Ощутимый вклад в загрязнение атмосферы вносят в Левобережном районе «Воронежсинтезкаучук», в выбросах которого преобладают дивинил, толуол, циклогексан, ксилол; «Амтел-Черноземье» и «ВАСО» с преобладанием в выбросах углеводородов.

В Коминтерновском районе значительный объем выбросов приходится на «Тяжэкс», «Тяжмехпресс», где ведущими компонентами являются оксид серы IV, оксиды азота IV и углерода II.

В Железнодорожном районе преобладают оксиды углерода II, азота IV, летучие органические соединения: ксилол, бензин за счет присутствия заводов им. Тельмана и ВЗСАК.

Структура загрязняющих атмосферный воздух веществ в Советском районе в первую очередь определяется такими загрязнениями, как пыль, оксид углерода II, источниками которых являются «Воронежский комбинат строительных материалов», «Воронежский механический завод».

В Центральном и Ленинском районах в выбросах доминируют оксиды азота IV и углерода II.

Суммарный индекс загрязнения атмосферы г. Воронежа, рассчитанный по среднегодовым концентрациям 7-ми ведущих ингредиентов соответствует допустимому уровню.

Содержание примесей в атмосфере очень быстро меняется во времени и пространстве, оно существенно различается в разные моменты времени или в один и тот же момент в разных местах. Поэтому чтобы достоверно судить об уровне загрязнения воздуха каким-либо веществом, необходим длительный ряд наблюдений. Наблюдения должны проводиться регулярно и непрерывно в разные сезоны года. Уровень загрязнения воздуха в городе устанавливается обычно по результатам нескольких тысяч измерений за концентрацией каждого вещества.

В настоящее время наблюдается рост уровня загрязнения атмосферного воздуха, обусловленный существующими техногенными источниками загрязнения атмосферного воздуха (оксидом углерода II - до 2,3 ПДК; оксидом азота IV – до 2,2 ПДК; оксидом серы IV - до 3,6 ПДК; пыли – до 2,7 ПДК; формальдегида – до 1,1 ПДК; фенола – до 1,1 ПДК). Наибольшее загрязнение воздуха названными компонентами наблюдалось в юго-восточной части города, где расположены такие крупные предприятия, как ТЭЦ-1, «Воронежсинтезкаучук», «Амтел - Черноземье» и автомагистрали с интенсивным движением (улицы Новосибирская, Лебедева и др.).

Анализ полученных данных показал, что наиболее загрязненной воздушная среда является Левобережный юго-восточный район города, в правобережном районе к западу от Московского проспекта, в центральной части города (Московский проспект, ул. Плехановская, Машиностроителей, 9 января, 20 лет Октября и др.). Ситуацию усугубляют загруженные автомагистрали, слабое озеленение, отсутствие необходимых санитарных разрывов между жилыми и промышленными зонами.

Наиболее чистая атмосфера практически по всем исследуемым параметрам отмечается в Северном микрорайоне и в районе СХИ – Березовая Роща. Это пространство города отличается в целом умеренной техногенной нагрузкой на среду обитания, удаленностью от наиболее крупных промышленных зон, развитием рекреации, более высоким озеленением.

Следовательно, проведенные исследования в целом подтверждают целесообразность разделения городского пространства на загрязненные промышленные и «условно чистые» районы, существенно различающиеся по качеству воздушной среды и комфортности условной жизни населения.

Таким образом, анализ состояния атмосферного воздуха с учетом показателей антропогенной нагрузки свидетельствует о формировании в городе контрастных экологических районов с различным уровнем загрязнения атмосферного воздуха.

Список литературы:

1. Константинов, В. М. Охрана природы / В. М. Константинов. - М.: Академия, 2000. - 190 с.
2. Рациональное использование природных ресурсов и охрана природы : учеб. пособие для студ. Высш. Учеб. Заведений / В.М. Константинов, В.М. Галушин, И.А. Жигарев, Ю.Б. Челидзе. – М. : Издательский центр «Академия», 2009. – 272 с.

Выбор фильтрующей загрузки насосно-фильтровальной станции городских очистных сооружений г. Междуреченска

Кузнецова С. А., Назаренко О.Б.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Город Междуреченск расположен в юго-восточной части Кемеровской области на низкой пойменной террасе долины рек Томь и Уса. Основной объем хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод г. Междуреченска проходит очистку на городских очистных сооружениях (ГОС) МУП «Водоканала» г. Междуреченска. I очередь ГОС с проектной производительностью 28 тыс. м³/сут была введена в эксплуатацию в 1968 г. После реконструкции I очереди в 1995 г. был запущен в эксплуатацию комплекс очистных сооружений с общей проектной производительностью 45 тыс. м³/сут.

Усредненная концентрация загрязняющих веществ, поступающих на очистные сооружения, представлена в таблице. Здесь же представлены характерные показатели очищенной сточной воды, сбрасываемой в р. Томь.

Таблица. Характеристика поступающей на очистку и выпускаемой после очистки воды

Компонент	Концентрация в поступающей воде, мг/л	Концентрация в выпускаемой воде, мг/л
Взвешенные вещества	132,2	4–77
БПК _п	59,79	2–9
Азот аммонийный	18,15	–
Азот нитритный	0,04	–
Азот нитратный	0,37	–
Фосфаты	1,32	0,01–0,17
Нефтепродукты	0,74	0,05–0,2
СПАВ	0,45	0,015–0,12
Железо	2,89	0,085–0,88

Сточные воды помимо загрязнений бытового характера содержат трудноокисляемые гумидные вещества, экстрагируемые паводковыми и дождевыми водами из почвы.

В связи с расширением инфраструктуры города и увеличения численности населения увеличилось поступление хозяйственно-бытовых и промышленных стоков на ГОС. Фактическая производительность на 2009 год составила 48 тыс. м³/сутки, в том числе 6 тыс. м³/сутки – собственные нужды. Меняется качественный состав сточных вод, поступающих на очистку. Нагрузка на насосно-фильтровальную станцию возросла, а качество очистки ухудшилось.

В данной работе проведена оценка возможности замены гравийно-песчаной загрузки каркасно-засыпных фильтров на новые фильтрующие материалы – горелые породы и альбитофор, что позволит увеличить производительность насосно-фильтровальной станции и улучшить качество очистки.

Методы, применяемые для очистки сточных вод, поступающих на ГОС, делятся на четыре группы:

- 1) Механическая очистка – производится для удаления из сточных вод находящихся в ней нерастворенных грубодисперсных примесей путем процеживания через решетки, отстаивания в песколовках и первичных отстойниках.
- 2) Биологическая очистка – основана на жизнедеятельности микроорганизмов, которые способствуют окислению или восстановлению органических веществ, находящихся в сточных водах и являющихся для микроорганизмов источником питания (азотенки, вторичные отстойники).
- 3) Доочистка – применяется для эффективного удаления взвешенных частиц при помощи фильтрации сточных вод через фильтрующий материал (каркасно-засыпные фильтры насосно-фильтровальной станции).
- 4) Обеззараживание – применяется для уничтожения в сточных водах патогенных микроорганизмов и устранения возможности заражения водоема при сбросе очищенных стоков (хлораторная).

Насосно-фильтровальная станция относится к сооружениям доочистки сточных вод. В здании насосно-фильтровальной станции размещено 8 каркасно-засыпных фильтров (КЗФ) размером в плане 6×10 м. Фильтр состоит из двух отделений. Между отделениями расположен распределительный карман шириной 1 м, высота с учетом загрузки – 4,5 м. Полезная площадь фильтра – $51,92 \text{ м}^2$. В работе находится 6 фильтров, два фильтра в резерве. Загрузка фильтра многослойная, состоит из гравийно-песчаной смеси с фракциями гравия размером от 1 до 20 мм, песка – от 0,8 до 1 мм.

При запуске в работу фильтр медленно заполняется снизу через промывную систему водой с целью вытеснения воздуха из порового пространства фильтрующего слоя и исключения нарушения горизонтальности (размыва) сухого слоя песка при подаче воды сверху. Когда уровень воды в фильтре будет выше поверхности загрузки на 20 см, подачу воды снизу прекращают и начинают подавать ее сверху через боковой карман по трубопроводу подачи исходной (сточной) воды на фильтр до полного заполнения фильтра через задвижку подачи воды на фильтр. Запуск фильтра в работу производится при скорости фильтрации 2–3 м/ч, в течение 15 минут.

Промывка фильтрующей загрузки – водовоздушная, вода самотеком по трубопроводу диаметром 476 мм подается из бака, расположенного в водонапорной башне высотой 15 м. Необходимое количество воды на одну промывку составляет 180 м^3 . Необходимое количество воздуха на промывку загрузки – $3232 \text{ м}^3/\text{ч}$. Скорость фильтрации по проекту – 8,96 м/ч при расходе $48000 \text{ м}^3/\text{сут}$. Для определения эффективности промывки и процентного содержания остаточных загрязнений по окончании промывки в нескольких местах по площади фильтра с помощью трубы-батометра отбирают пробы фильтрующей загрузки на всю глубину последней. Отмывают пробы дистиллированной водой загрязнений, профильтровывают через сухие бумажные фильтры, подсушивают до постоянного веса и подсчитывают величину остаточных загрязнений по данным взвешивания фильтра с осадком, чистого и веса загрузки. Величина остаточных загрязнений, подсчитанная весовым способом, не должна превышать 1 %.

Фильтрующие загрузки, которые применяются в настоящее время в технологии водоочистки, в основном являются инертными природными материалами. В технологии водоочистки применяются альбитофир, антрацит, вулканические и доменные шлаки, горелые породы, кварцевый песок, керамзит, шунгизит [1, 2]. Анализ литературы показал отсутствие критериев для выбора указанных материалов для фильтрующих загрузок. Поэтому для каждого конкретного случая применения материала необходимо проводить предварительно экспериментальные исследования по определению эффективности очистки сточных вод.

На участке ГОС МУП «Водоканал» г. Междуреченска для очистки сточных вод были разработаны экспериментальные колонки, полностью имитирующие работу каркасно-засыпных фильтров. В качестве загрузки были использованы горелые породы (колонка № 1) и альбитофир (колонка № 2).

Колонны представляют собой металлическую трубу диаметром $d = 200$ мм и высотой $h = 4,80$ м. Была соблюдена вся подводка трубопроводов подачи и отвода промывной и фильтрующей воды. Так же был соблюден режим работы колонок и их помывки в соответствии с режимом работы действующих фильтров, все скоростные режимы промывки, подачи, отвода очищаемой и промывной воды. В процессе эксперимента производился технологический контроль работы экспериментальных колонок. Химической лабораторией участка отбирались пробы воды и проводился сравнительный анализ очистки сточных вод в экспериментальных колонках с загрузкой из горелых пород и альбитофира.

Альбитофир – горная порода, которая добывается в Западно-Сибирском регионе (п. Горный, Новосибирская обл.) для нужд строительного комплекса. Дробленый фракционированный материал представляет собой колотые гранулы неправильной формы. Для

целей водоподготовки готовится загрузочный фильтрующий материал фракциями 0,8–1,2 мм; 1,5–2 мм; 2–2,5 мм; 2,5 мм и более. Альбитофир является прочным, химически стойким материалом, обладающим следующими характеристиками: суммарный износ – 4,25 %, плотность – 2,62 г/см³, пористость – 45,14–51,53 %.

Горелые породы – розовый песок из дроблёных горных горелых пород является самым высококачественным и эффективным из всех известных фильтрующих материалов для загрузки фильтров питьевого и промышленного назначения. Особенностью горных горелых пород является высокая микропористость как следствие появления микрощелей при природном самообжиге и достаточно высокая адсорбционная активность, поэтому они представляют собой высокоэффективный фильтрующий материал. Все фракции дроблёных горных горелых пород вырабатываются в соответствии с нормами СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение, наружные сети и сооружения» и соответствуют ГУ5712-001-48634843-99. За счет своих высоких физико-технических характеристик розовый песок из горелых пород при перезагрузке фильтров повышает производительность водоподготовительных сооружений на 20–50 %.

Экспериментальные исследования проводились в период с 17 июня по 15 июля 2013 г. Пробы отбирались 1 раз в день с 09 до 10 часов утра или с 21 до 23 часов. В процессе эксперимента производился технологический контроль работы экспериментальных колонок. Анализировались такие показатели как взвешенные вещества, аммонийный азот, нитриты и нитраты. Результаты анализов, полученные в ходе технологического контроля работы экспериментальных колонок, сравнивались с данными по гравийно-песчаной засыпке (КЗФ). Эффективность очистки от загрязняющих веществ рассчитывали по формуле:

$$\text{Эф} = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\%,$$

где C_0 – концентрация загрязняющего вещества после вторичных; C_1 – концентрация после фильтрации.

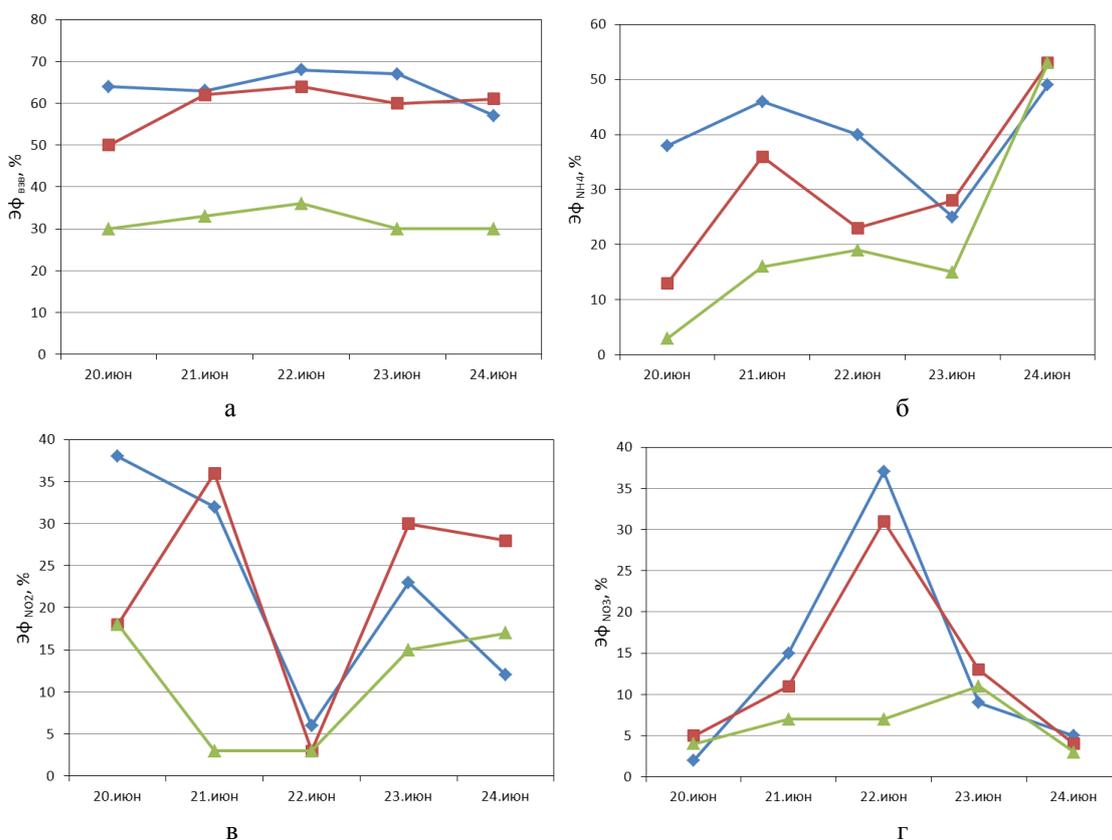


Рис. 1. Эффективность фильтрующих загрузок по взвешенным веществам (а), аммонийному азоту (б), нитритам (в), нитратам (г): горелые породы – ♦, альбитофир – ■, гравийно-песчаная засыпка – ▲

Результаты расчета эффективности очистки представлены на рис. 1. Испытуемые фильтрующие загрузки характеризуются более высокой эффективностью очистки по сравнению с действующей песчано-гравийной загрузкой. Особенно сильный эффект обнаружен при очистке от взвешенных веществ: при использовании горелых пород эффективность очистки от взвешенных веществ на 35 % выше, чем на песчано-гравийной засыпке, а при использовании альбитофира – на 30 %.

Проведенные сравнительные исследования фильтрующих материалов показали, что исследуемые горелые породы и альбитофир могут быть использованы для увеличения производительности насосно-фильтровальной станции. В результате проведенных исследований установлено, что горелые породы и альбитофир более эффективны, чем гравийно-песчаная засыпка по взвешенным веществам, аммонийному азоту, нитритам и нитратам в 1,5–2,3 раза. Увеличение производительности и эффективности очистки объясняется поверхностными свойствами и структурой этих материалов, позволяющей накапливать значительный объем осадка. Повышение эффективности очистки более ярко выражено при использовании в качестве фильтровального материала горелых пород. В то же время цены на горелые породы выше, чем на альбитофир, более чем в 10 раз. С учетом стоимости исследованных материалов и полученных результатов по очистке можно рекомендовать альбитофир для замены фильтрующей загрузки с целью повышения производительности насосно-фильтровальной станции очистных сооружений г. Междуреченска.

Список литературы:

1. Николадзе Г.И. Технология очистки природных вод. – М.: Высшая школа, 1987. – 479 с.
2. Аюкаев Р.И., Мельцер В.З. Производство и применение фильтрующих материалов для очистки воды. – Л.: Стройиздат, 1985. – 120 с.

Изготовление средств индивидуальной защиты от вредных воздействий в ЧС

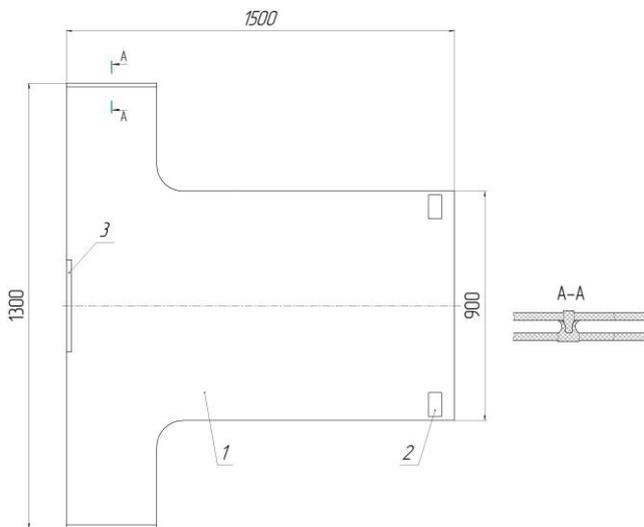
Куташов Д.А., Петров Н.Н., Сумленников В.К., Шестель Л.А.

ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет», г. Омск, Россия

Одним из актуальных вопросов в настоящее время является защита окружающей среды от различных загрязнений.

В случае техногенной аварии человек проводит мероприятия для устранения её последствий, при этом редко задумываясь о собственной защите. Для надёжной защиты от вредных воздействий (химического, радиационного и т.д.), в первые секунды, чтобы приступить к ликвидации последствий аварий, требуется создание надёжных средств индивидуальной защиты (СИЗ) человека от химического воздействия. К таким изделиям относят костюмы, накидки.

В зависимости от принципа использования и кратности применения СИЗ подразделяют на средства постоянного и кратковременного ношения, средства однократного и многократного применения.



Индивидуальное средство защиты от вредного (химического, радиационного воздействия – накидка (рис.1). Данная накидка является кратковременным и однократным средством защиты. После её использования она утилизируется.

Рис.1 – Средство индивидуальной защиты (накидка)

Плащ-накидка представляет собой плоскую пленочную конструкцию, состоящую из двух полотен (1), которые необходимо сваривать по контуру в нахлестку. В нижней части накидки по бокам имеются механизмы для раскрытия (расслоения) (2) передней и задней частей пленочных полотен с помощью упругих элементов. В верхней части накидки имеется разрез (3) для продевания головы, а также

укороченные рукава, при этом к верхнему разрезу и краям рукавов приварен зип-лок (элемент закрытия).

При наступлении чрезвычайной ситуации это средство работает следующим образом: одной рукой вытаскивается из сумки, расправляется с помощью механизма раскрытия, руки вставляются в полученную полость накидки и, поправляя руками, человек одевает её сверху вниз, а затем приседает, при этом полы накидки достигают поверхности грунта (земли). После чего одеваются средства защиты более длительного действия (противогаз, перчатки и др.). Затем отрывается зип-лок в верхней части и у рукавов и в образовавшиеся прорезы продевается голова и руки, и человек продолжает свои служебные действия в уже защищённых, от вредных воздействий, средствах.

Для решения поставленных задач использование обычных однослойных и однородных по составу пленочных материалов оказалось невозможным, так как они не отвечают предъявляемым требованиям (прочность, газонепроницаемость и т.д.). Перспективной возможностью создания материалов с комплексом таких свойств явилось создание многослойных или дублированных пленок, к которым относятся полимеры класса термоэластопластов – ДСТ-30, АС-4.3, РН-114 и другие модификации полимеров, способные функционировать в агрессивных химических средах. В свою очередь, они совмещены с плёнками из полиэтилентерефталат, обладающего высокими механическими показателями. То есть для конструкций таких пленок характерно наличие несущего жесткого слоя, имеющего относительно высокую температуру плавления ($+265^{\circ}\text{C}$), и функционального мягкого слоя, расположенного с одной или обеих сторон несущего слоя и имеющего относительно низкую температуру плавления ($+120\dots+140^{\circ}\text{C}$). Эта разница свойств и представляет трудность получения качественных сварных соединений [1].

Соединение их в настоящее время осуществляется различными методами - сшиванием, склеиванием, а также сваркой: контактно-тепловым и ультразвуковым способами, наиболее перспективным из которых является ультразвуковой (УЗС). Наиболее целесообразным в таких случаях является способ «гибридной» сварки, а именно сочетание ультразвуковых колебаний с тепловым полем, так называемая термо-ультразвуковая сварка (ТУЗС). Это сочетание позволяет получить качественные сварные соединения с необходимыми прочностными характеристиками по жестким слоям и высокие функциональные свойства – плотность, эластичность, выполненным по

мягким слоям, а так же обеспечивает высокую производительность процесса, необходимое качество изделий в сочетании с безопасными условиями труда, и высокую экологичность [2].

Схема лабораторной установки для сварки представлена на рис.2.

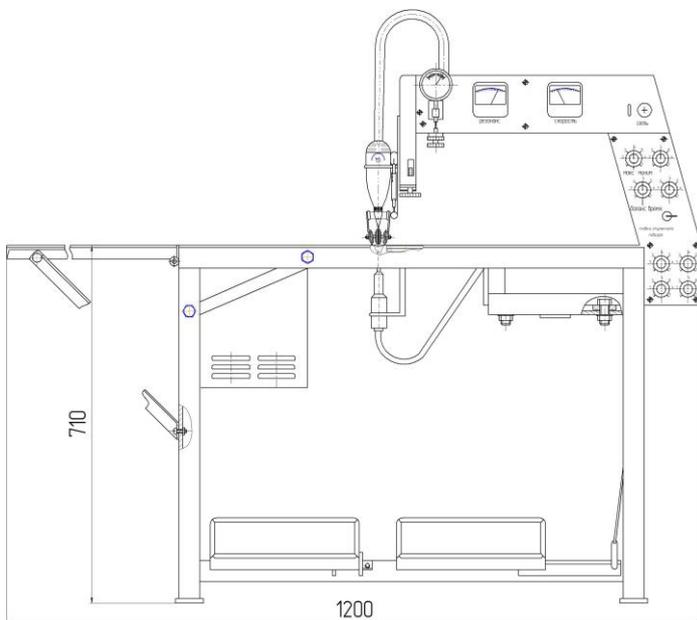


Рис.2 – Схема установки для ТУЗС средства индивидуальной защиты

Вывод:

Представленное средство индивидуальной защиты человека при ЧС, позволит защитить человека от воздействия вредных химических загрязнений, тем самым, позволяя вести работы по устранению последствий аварии.

Список литературы:

1. Индивидуальное средство защиты от химического воздействия [Текст] / Д.А. Куташов [и др.] // Молодёжь, наука, творчество – 2014. XII межвузовская научно-практическая конференция студентов и аспирантов : сборник статей. Ч. 2. – Омск: Омский государственный институт сервиса, 2014. – С. 135-136.
2. Технология изготовления и комплекс оборудования для изготовления средств индивидуальной защиты человека в ЧС [Текст] / Д.А. Куташов [и др.] // Наука и молодёжь:

проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных / Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. – Вып. 18. – Ч. II. Технические науки. – С. 142-145.

Очистка воды от мышьяка с использованием разработанного походного фильтра

Кутугин В.А., Мартемьянов Д.В., Плотников Е.В., Мартемьянова И.В.,
Воронова О.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Одной из наиболее актуальных проблем стоящих перед человечеством является проблема обеспечения населения чистой питьевой водой [1-3]. Среди различных веществ, загрязняющих водные среды, мышьяк занимает особое место [4-6]. В последние годы всё чаще используются новые технологии для очистки воды от мышьяка, такие как: обратноосмотическая очистка, реагентная обработка, сорбция. Среди присутствующих на рынке водоочистных систем, особое место занимают разработки походных фильтров [7, 8]. На основании полученной информации, обоснованно создание новых видов сорбционных материалов и походных систем на их основе, для более эффективной очистки водных сред от ионов мышьяка и более детальное их исследование [9, 10]. Целью данной работы явилось исследование сорбционных свойств разработанного походного фильтра, при извлечении ионов мышьяка As^{3+} из водных сред.

Исследуемый водоочистной походный фильтр, представленный на рисунке 1, внешне представляет собой пластмассовое ведро, в которое помещено ещё одно ведро, заполненное фильтровальной загрузкой. В нижней части корпуса находится кран для слива очищенной воды, а в верхней части находится напорная ёмкость для исходной воды. В разработанном, походном фильтре, для очистки воды применялись в комбинации природные минералы (цеолит, гематит), фильтровальный материал на основе вермикулитобетона модифицированного оксигидроксидом железа и активированный уголь.



Рисунок 1. Внешний вид фильтра

Для оценки структурных характеристик сорбционных материалов использовали метод тепловой десорбции азота. По данным измерения оценивали площадь удельной поверхности ($S_{уд}$) и значения удельного объема пор (P) образцов с использованием анализатора «СОРБТОМЕТР М».

На рисунке 2 изображена схема разработанной походной, водоочистной установки. Где 1 – фильтровальный модуль с сорбционными материалами. 2 – приёмная ёмкость для очищенной воды. 3 – напорная ёмкость для подачи загрязнённой воды. 4 – крышка заливочного отверстия. 6 – герметизирующая прокладка. 7 – паз настенного крепления. 8 – сливной кран. 9 – ручка. 10 – пористый материал для механической очистки. 11 – фильтр предварительной механической очистки.

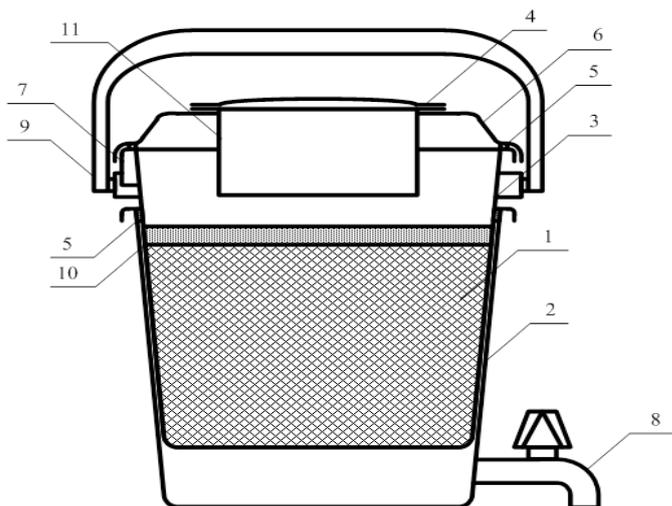


Рисунок 2. Схема разработанной походной водоочистной установки

Для проведения эксперимента в динамическом режиме, готовился модельный раствор на водопроводной воде, с содержанием As^{3+} равной 1 мг/дм^3 . Раствор с содержанием As^{3+} готовился с использованием ГСО состава растворов ионов мышьяка.

Приготовленный раствор заливали в установку через отверстие в крышке. Количество раствора не должно превышать 5 литров. Открывали кран в сборной ёмкости и отбирали выходящий фильтрат в лабораторный стакан. По мере необходимости раствор модельных загрязнений доливали в установку.

Отбор проб на содержание в отфильтрованной воде As^{3+} проводили микродозатором, после прохождения через систему фильтровальных модулей каждого 5 литра.

За результат испытания принимали среднее арифметическое значение результатов трёх параллельных определений, допустимое расхождение, между которыми не должно превышать 5%. Концентрации ионов As^{3+} в исходном модельном растворе и в фильтрах, определяли методом инверсионной вольтамперометрии [11].

В настоящей работе исследовали ряд физико-химических свойств сорбционных материалов, применяемых в разработанной походной, водоочистной установке, данные по которым приведены в таблице 1.

Таблица 1. Размер фракции, удельная поверхность и удельный объём пор сорбентов

Образец сорбента	Размер фракции, мм	$S_{уд}$, м ² /г	P , см ³ /г
Цеолит Холинский	0,1 - 1	28,35	0,011
Гематит	0,1 - 1	12,38	0,005
Сорбент (вермикулитобетон + FeOОН)	1,5 – 2,5	79,08	0,034
Активированный уголь	1 – 2,8	378,96	0,163

Из таблицы 1 видно, что наибольшую удельную поверхность и удельный объём пор имеет активированный уголь, а также сорбционный материал на основе вермикулитобетона.

В таблице 2 представлены сорбционные характеристики разработанной, походной установки, при фильтрации модельного раствора содержащего ионы As^{3+} .

Таблица 2. Динамические сорбционные характеристики походной, водоочистной установки

Пропущенный литр	Выделение железа Fe (II, III) из установки, мг/дм ³	Результаты*		
		Исходная концентрация, мг/дм ³	Конечная концентрация, мг/дм ³	Эффективность очистки установки, %
1	0,3	1,024	0,0118	98,84
5	0,2		0,0086	99,16
10	0,15		0,00013	99,98
15	0,07		0	100
20	0,03		0	100
25	0		0	100
30	0		0	100
35	0		0	100
40	0		0	100
45	0		0	100
50	0		0	100

Примечание * - в таблице представлен средний результат от трёх параллельных экспериментов по установке «ФиБРА 03»

ПДК элементов: мышьяк As^{3+} – 0,05 мг/л; Fe^{общ} – 0,3 мг/л.

Как видно из таблицы 2, в 1, 5, и 10 литрах фильтрата наблюдается малое содержание ионов As^{3+} , а в следующих пробах видна 100 процентная очистка от мышьяка. Такие данные обусловлены тем, что в 1, 5 и 10 литрах фильтрата, видно наибольшее вымывание железа из сорбционного модуля. Смыв железа происходит в начале процесса фильтрации, из-за содержания в установке железосодержащего сорбента (вермикулитобетон + FeOОН). Вместе со смываемым железом происходит проскок в фильтрат мышьяка, аккумулированного на железе. Содержание железа и мышьяка в фильтрате находится в пределах ПДК. Далее, идёт 100 %-ная очистка воды от мышьяка (результат ниже предела обнаружения по методике анализа) и не обнаружено наличия железа в отфильтрованной воде.

При написании технической инструкции на эксплуатацию данной водоочистой установки, необходимо указывать, что перед использованием фильтра надо производить слив первых литров отфильтрованной воды.

Выводы

1. Разработана походная водоочистная установка.
2. Определены удельная поверхность и удельный объём пор сорбционных материалов, используемых в исследуемом фильтре.
3. Удалось определить сорбционную способность водоочистой установки при фильтрации раствора содержащего ионы As^{3+} .
4. Сделан вывод о возможности использования разработанной установки при очистке воды от мышьяка.

Список литературы:

1. Тягунова Г. В., Ярошенко Ю. Г. Экология: учебник - М.: Интермет Инжиниринг, 2000. – 300 с.
2. Родионов А. И. Техника защиты окружающей среды: учебник для вузов / Родионов А. И., Клушин В. Н., Торочешников Н. С. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Химия, 1989. – 512 с.
3. Клячков В. А., Апельцин И. Э. Очистка природных вод. М.: Стройиздат. 1971. 579 с.
4. Путилина, В. С. Поведение мышьяка в почвах, горных породах и подземных водах. Трансформация, адсорбция / десорбция, миграция : аналит. обзор / Путилина В. С., Галицкая И. В., Юганова Т. И. – Новосибирск : ГПНТБ СО РАН, 2011. – 249 с.
5. Серова В. А. , Коган В. И., Способы очистки сточных вод и технологических растворов от мышьяка. - М.: Цветинформация, 1977 г., 32 с.
6. Пахолков В. С., Марков В.Ф. Гранулированная гидроокись железа, ее физико-химические свойства и применение для очистки термальных и природных вод от мышьяка // Химия и технология неорганических сорбентов: Межвуз. сб. науч. тр. / Перм. политехн. ин-т, Пермь, 1980, С. 26-33.
7. Martemyanov D. V., Korotkova E. I., Muhortov D. N. FiBrA installations with nanosorption FilLis cleaning materials for purification of aquatic environments from the chemical and microbiological contamination // Химия и химическая технология в XXI веке: Труды XIII Всероссийской научно-практической конференции имени профессора Л. П. Кулёва студентов и молодых учёных с международным участием - Томск, 14-17 мая 2012. - Томск: ТПУ, 2012.
8. Мосолков А. Ю., Мартемьянов Д. В., Рыков А. В. Определение сорбционных характеристик установки, для очистки воды в походных и дачных условиях, при извлечении ионов тяжёлых металлов и микробиологических загрязнений из водных сред // Химия и химическая технология в XXI веке: Труды XIII Всероссийской научно-практической конференции имени профессора Л. П. Кулёва студентов и молодых учёных с международным участием - Томск, 14-17 мая 2013. - Томск: ТПУ, 2013. - С. 275-276.
9. Мосолков А. Ю., Мартемьянов Д. В., Мухортов Д. Н. Модифицирование пористого перлита гидроксидом железа, с целью придания ему сорбционных свойств, для извлечения ионов мышьяка из водных сред // Современная техника и технологии: Труды XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых учёных - Томск, 15-19 апреля 2013. - Томск: ТПУ, 2013. – с. 104-105.
10. Мартемьянов Д. В., Галанов А. И., Юрмазова Т.А. Определение сорбционных характеристик различных минералов при извлечении ионов As^{5+} , Cr^{6+} , Ni^{2+} из водных сред // Фундаментальные исследования № 8 (часть 3), 2013 год. С. 666-670.
11. Скачков В. Б., Ластенко Н. С., Иванов Ю. А., Хустенко Л. А., Назаров Б. Ф., Заичко А. В., Иванова Е. Е., Носова Г. Н., Толмачёва Т. П. Измерение массовой концентрации химических веществ методом инверсионной вольтамперометрии: Сборник методических указаний. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – С. 271.

Радиоактивные элементы в организме человека

Ле Ван Туан

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Сегодня атомная энергетика распространена в развитых странах и растет в развивающихся странах. Ожидается, что к 2050 году доля атомной энергетики достигает 19% от общего мирового

производства электроэнергии. Проблема безопасности ядерной энергетики является большим вопросом для ученых. Два взрыва атомной электростанции в Чернобыле Украины (в 1986 г.) и Фукусиме Японии (в 2011 г.) оставили большой урок для атомной отрасли. Непредусмотренные последствия радиоактивных элементов влияют на весь мировой организм в течение длительного времени.

О необходимости определения количественного элементного состава организма человека еще в 30-х годах XX в. писал академик, естествоиспытатель В.И. Вернадский. В настоящее время эта проблема остается весьма актуальной[1].

Радиоактивность – это способность ряда химических элементов самопроизвольно распадаться и испускать невидимые излучения.

Радиоактивные элементы, химические элементы, все изотопы которых радиоактивны. К 1975 известно 25 радиоактивных элементов. Два радиоактивных элемента — Th и U — образуют большое число различных минералов. Переработка природного сырья позволяет получать эти элементы в больших количествах. Радиоактивные элементы — члены естественных радиоактивных рядов — могут быть выделены радиохимическими методами из отходов производства Th и U, а также из торий- или урансодержащих препаратов, хранившихся долгое время[2].

Поступление радиоактивных веществ в организм человека происходит через желудочно-кишечный тракт, дыхательную систему и кожные покровы. Радиоактивные вещества всасываются практически на всем протяжении желудочно-кишечного тракта[3].

Эффекты воздействия радиации на человека обычно делятся на две категории :1) Соматические (телесные) - возникающие в организме человека, который подвергнулся облучению.2) Генетические - связанные с повреждением генетического аппарата и проявляющиеся в следующем или последующих поколениях.

Радионуклиды накапливаются в органах неравномерно. По способности концентрировать всосавшиеся продукты деления основные органы можно расположить в следующий ряд: щитовидная железа > печень > скелет > мышцы. Распространенными видами рака под действием радиации являются рак молочной железы и рак щитовидной железы.

Радионуклиды накапливаются в органах неравномерно. По способности концентрировать всосавшиеся продукты деления основные органы можно расположить в следующий ряд: щитовидная железа > печень > скелет > мышцы. Распространенными видами рака под действием радиации являются рак молочной железы и рак щитовидной железы[4].

Изучены уровни накопления и распределения радиоактивных элементов в органах и тканях человека на примере жителей Томского района. Всего исследовано 48 органов и тканей. Результаты, полученные по Томскому району, показывают, что содержание урана в ОТЧ колеблется от 0,00018 мг/кг в женской молочной железе до 0,00567 мг/кг в мужской коже (рис. 1,2).

Согласно справочным данным, показанным на рис. 2, максимальные содержания урана фиксируются в поджелудочной железе и надпочечнике, но по результатам наших исследований концентраторами урана, вероятно, можно считать: пищевод, трахею, селезенку, почки, кожу.

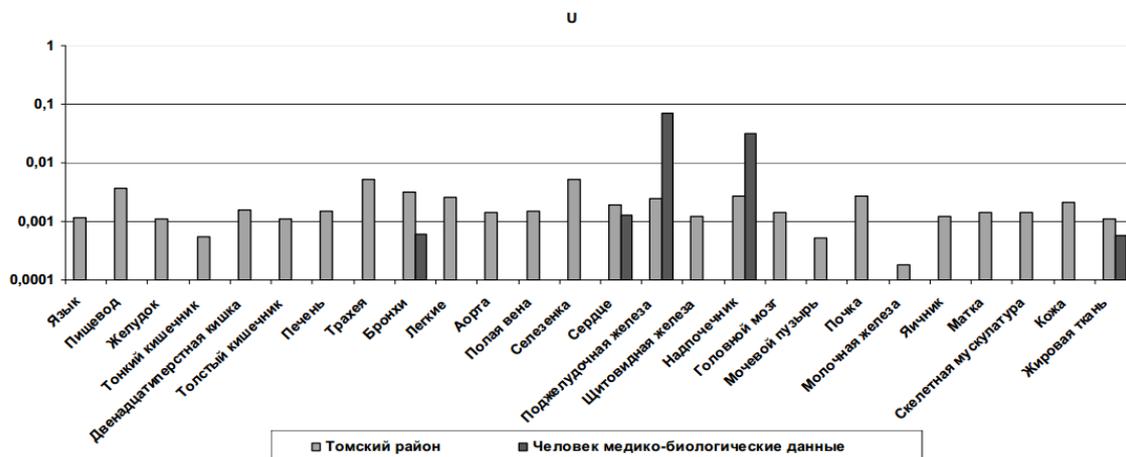


Рис. 1. Содержание урана в органах и тканях жителей Томского района, мг/кг сырой массы

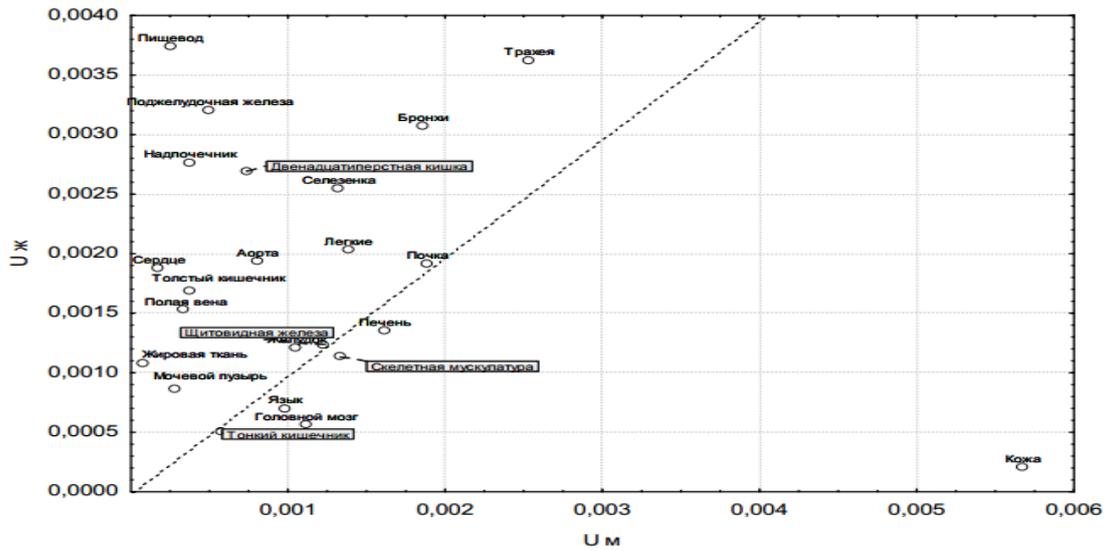


Рис. 2. Сравнение распределения урана в органах и тканях человека в зависимости от пола, мг/кг сырой массы

Пищевод, поджелудочная железа, трахеи и бронхи женщин содержат урана на уровне 0,003-0,004 мг/кг живой массы, тогда как аналогичные органы мужчин содержат его меньше. Такие органы и ткани человека, как тонкий кишечник, щитовидная железа, почки, скелетная мускулатура содержат уран примерно в одинаковых количествах как у мужчин, так и женщин (0,001-0,002 мг/кг).

Результаты исследования - содержания тория в ОТЧ на примере жителей Томского района - приведены на рис. 3.

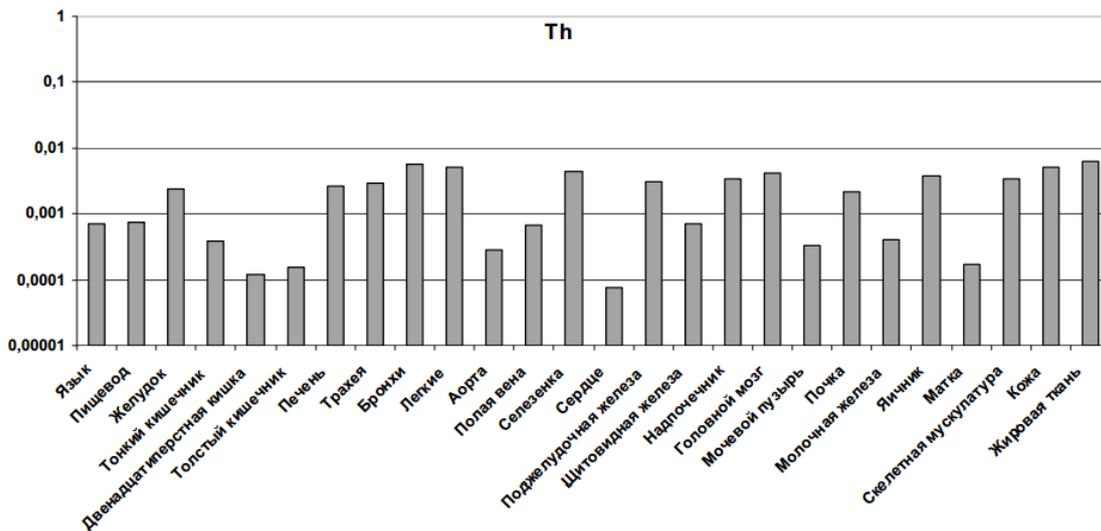


Рис. 3. Содержание тория в органах и тканях жителей Томского района, мг/кг сырой массы

Более высокое содержание тория в мужских органах: желудке, печени, селезенке, бронхах, легких, почках, головном мозге, скелетной мускулатуре по сравнению с женскими. Тогда как в женских аналогичных органах его концентрации значительно ниже - от 0,0001 до 0,001 мг/кг. Можно отметить только женскую поджелудочную железу, содержание тория в которой составляет 0,00415 мг/кг, а в мужской - 0,00033 мг/кг. Могут свидетельствовать о том, что в организм мужчины данный элемент поступал в большей степени с вдыхаемым воздухом, в то время как для женщины более вероятно его поступление только через ЖКТ.

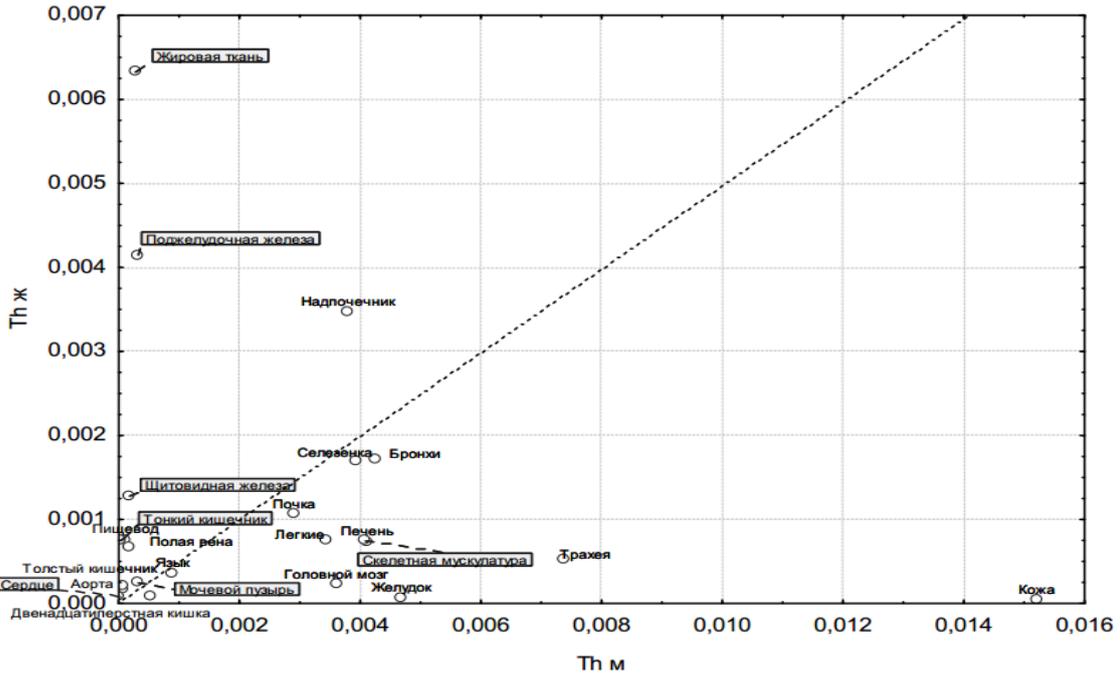


Рис. 4. Сравнение распределения тория в органах и тканях человека в зависимости от пола, мг/кг сырой массы

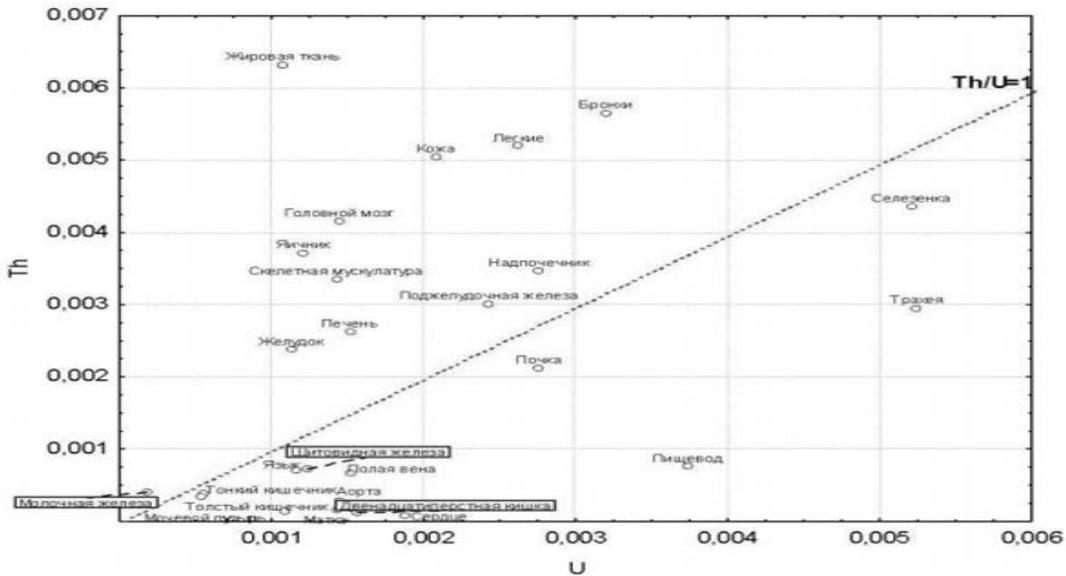


Рис. 5. Торий-урановое отношение в органах и тканях человека

Торий-урановое отношение в ОТЧ колеблется от 0,03 в сердце до 5,85 в жировой ткани, что достаточно хорошо видно на рис. 5-6.

В целом для женского организма при анализе имеющихся органов и тканей можно говорить о торий-урановых отношениях ниже 1, тогда как у мужчины в основном эти отношения выше 1 [1].

Многие исследователи отмечают, что терапевтические способы выведения радионуклидов из организма малоэффективны, следовательно, основным способом защиты от них, а соответственно, и от внутреннего облучения, является предотвращение поступления их в организм[5]. Медицинская помощь при радиационном поражении: При оказании первой медицинской помощи на территории с радиоактивным заражением в очагах ядерного поражения в первую очередь следует выполнять те мероприятия, от которых зависит сохранение жизни поражённого. При попадании радиоактивных веществ внутрь организма промывают желудок,

дают адсорбирующие вещества (активированный уголь). При работе со всеми радиоактивными веществами необходимо соблюдать санитарные правила и нормы радиационной безопасности с применением специальных мер защиты в соответствии с классом работ [6].

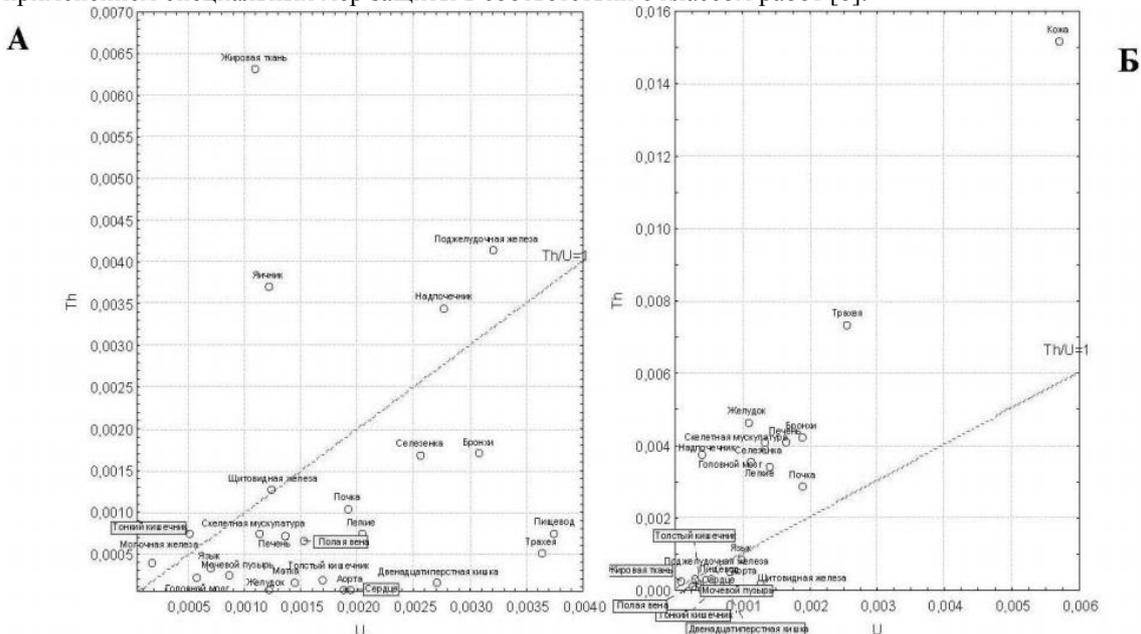


Рис. 6. Торий-урановое отношение в органах и тканях человека в зависимости от пола: А – женщины; Б – мужчины.

Можно сделать вывод, что существует несколько путей поступления радиоактивных веществ в организм: при вдыхании воздуха, загрязненного радиоактивными веществами, через зараженную пищу или воду, через кожу, а также при заражении открытых ран. При попадании радиоактивных элементов в организм происходит ряд сложных процессов. Радиоактивные элементы входят в состав комплексных соединений. Выявлены особенности в распределении радионуклидов в организме человека, который происходит под влиянием не только геохимических условий места проживания людей, но и физиологических особенностей самого организма. Распространенными видами рака под действием радиации являются рак молочной железы и рак щитовидной железы. Защита здоровья людей от радиации является необходимой проблемой.

Список литературы:

1. «Вредные химические вещества. Радиоактивные вещества. Справочник.» Под общ. Н.В. Барановская, Т.Н. Игнатова, Л.П. Рихванов Уран и торий в органах и тканях человека.
2. Несмеянов Ан. Н., [Радиохимия](#). – М.: Химия, 1978. —560 с.
3. Медико-санитарная подготовка учащихся: Учеб. для сред. Учеб. заведений/Под ред. П.А. Курцева. 3-е изд. - М.: Просвещение, 1988.
4. Nuclphys [Электронный ресурс] - Режим доступа - nuclphys.sinp.msu.ru/radiation/rad_10.htm свободный - Загл. с экрана.
5. Под ред. акад. В.В. Тарасова. Издательство Московского университета. 1998. «Основы защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях».
6. Под ред. Е.И.Чазова. Москва. «Медицина». 1990. «Неотложные состояния и экстренная медицинская помощь. Справочник».

Характер и масштабы воздействия объектов энергетики зоны атмосферного влияния на байкальскую природную территорию

Майсюк Е.П.

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, г. Иркутск, Россия

Понятие Байкальской природной территории определено в федеральном законе № 94 от 01.05.1999 «Об охране озера Байкал» следующим образом: «Байкальская природная территория –

территория, в состав которой входят озеро Байкал, водоохранная зона, прилегающая к озеру Байкал, его водосборная площадь в пределах территории Российской Федерации, особо охраняемые природные территории, прилегающие к озеру Байкал, а также прилегающая к озеру Байкал территория шириной до 200 километров на запад и северо-запад от него» [1,2]. Границы Байкальской природной территории (БПТ) частично охватывают территории трех субъектов России: республики Бурятия, Иркутской области и Забайкальского края. В целом площадь БПТ составляет 386,2 тыс. км², из которой 57% - это территория республики Бурятия (на данной площади проживает 97% населения республики), 29% - Иркутской области (где население составляет 54% области) и 14% - Забайкальского края (население этой части края составляет 15,5%).

В рамках Закона об охране озера Байкал определено экологическое зонирование БПТ, под которым понимается разделение территории на участки, рекомендуемые для сохранения современного состояния использования территории, участки социально-экономического развития с ограничениями, касающимися вредных воздействий на экосистему Байкала и участки с наиболее острыми экологическими проблемами. Экологическое зонирование и границы экологических зон утверждены Постановлением Правительства РФ [3, 4].

На Байкальской природной территории выделены три экологические зоны (рис. 1):

- центральная экологическая зона – территория, которая включает в себя озеро Байкал с островами, водоохранную зону и особо охраняемые природные территории, прилегающие к озеру;
- буферная – территория за пределами центральной экологической зоны, включающая в себя водосборную площадь озера Байкал в пределах территории Российской Федерации;
- экологическая зона атмосферного влияния – территория шириной до 200 км на запад и северо-запад от озера Байкал, на которой расположены хозяйственные объекты, оказывающие негативное воздействие на уникальную экологическую систему озера.

На состояние воздушного бассейна БПТ оказывают влияние как стационарные, так и передвижные источники выбросов, функционирующие во всех экологических зонах, однако существенный вклад по объему выбросов вносят предприятия, расположенные в зоне атмосферного влияния и, в меньшей степени, предприятия буферной зоны.

Экологическая зона атмосферного влияния (ЭЗАВ) по площади составляет 79 тыс. км² и, практически, полностью располагается на территории Иркутской области (99% площади ЭЗАВ), лишь в северной части граница зоны охватывает небольшую территорию Северобайкальского района республики Бурятия (или 1% площади ЭЗАВ) [5].

Северо-западная граница зоны атмосферного влияния установлена в пределах Иркутско-Черемховской равнины и ее ближайшего окружения на расстоянии 200 км от побережья оз. Байкал, поскольку с этого расстояния при северо-западном переносе воздушных масс загрязняющие вещества могут достигать центральной экологической зоны БПТ, в том числе акватории озера Байкал.

Климатические и географические особенности ЭЗАВ определяются большой повторяемостью антициклонов в холодную половину года с низкими температурами и малым количеством осадков, что существенно снижает способность атмосферы к самоочищению (в 2-3 раза ниже, чем в среднем по России). Большая повторяемость неблагоприятных ситуаций характерна для холодной половины года, когда мощные инверсии температуры в сочетании со слабыми скоростями ветра способствуют формированию высоких уровней загрязнения в городах и промышленных центрах.

В соответствии с зонированием, в экологической зоне атмосферного влияния преимущественно расположены предприятия Иркутско-Черемховского промышленного узла в 5 наиболее крупных городах Иркутской области: Иркутск, Ангарск, Усолье-Сибирское, Черемхово, Шелехов.

В 2012 г. в ЭЗАВ БПТ экстремально высокого загрязнения атмосферного воздуха не зарегистрировано. В г. Иркутске уровень загрязнения атмосферного воздуха оценивался как очень высокий; в городах Усолье-Сибирское, Черемхово, Шелехов – как высокий; в г. Ангарске – как повышенный [5].

Веществами, определяющими высокое загрязнение атмосферного воздуха в этих городах, являются: бенз(а)пирен, формальдегид, взвешенные вещества, диоксид азота, а в г. Шелехове дополнительно фторид водорода [6].

Источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу являются промышленные предприятия этих городов. Фактически во всех рассматриваемых городах функционируют объекты энергетики, машиностроения и металлообработки, предприятия строительных материалов, транспорта, строительства и жилищного хозяйства. Отличается промышленность в г.

Ангарск, где наряду с упомянутыми предприятиями действуют заводы химической и нефтехимической промышленности, а в г. Шелехов – расположено одно из крупных предприятий алюминиевой промышленности - ОАО «РУСАЛ».

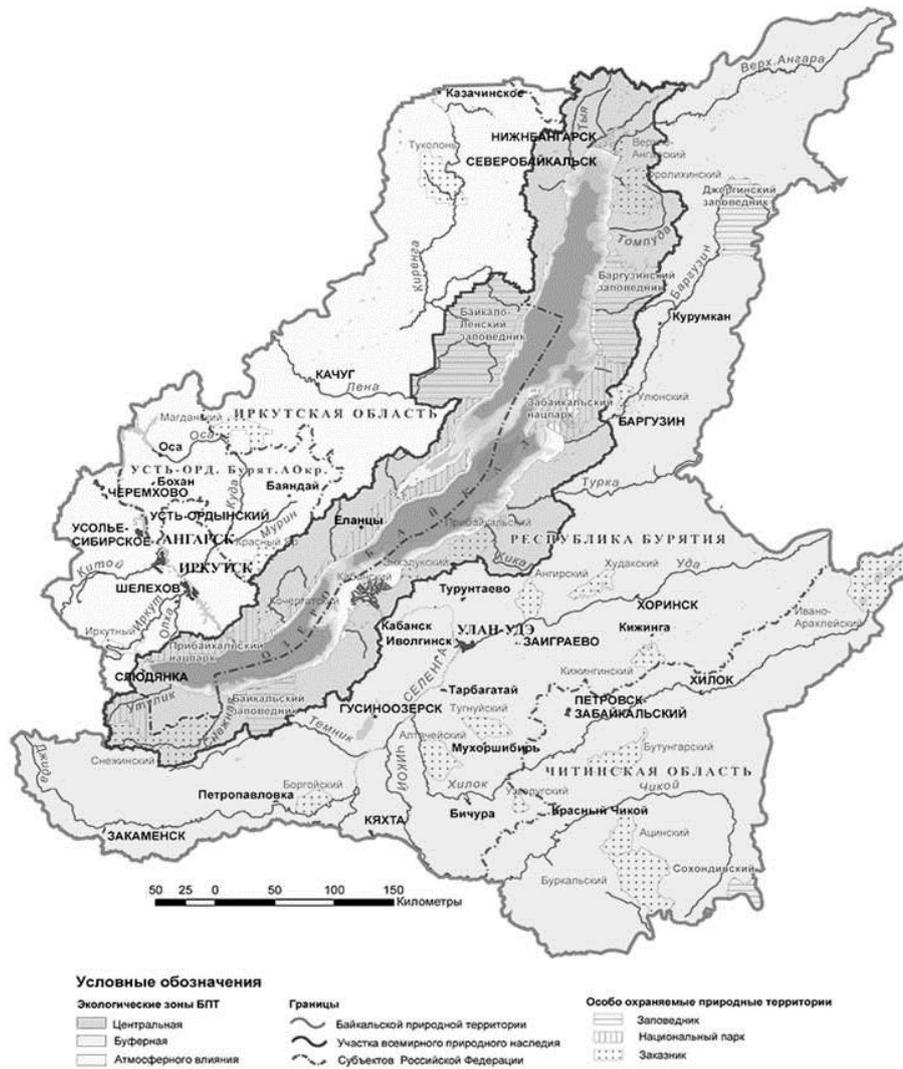


Рис. 1. Схема экологических зон Байкальской природной территории

В общей сложности в 2012 г. от стационарных источников рассматриваемых городов Иркутской области в атмосферный воздух поступило 404,2 тыс. т загрязняющих веществ [5].

Наибольшее количество выбросов поступило в атмосферу г. Ангарска (или 66% всех выбросов городов ЭЗАВ), при этом существенный вклад (за исключением г. Шелехов) вносят крупные предприятия энергетики (таблица 1).

Таблица 1. Вклад объектов энергетики в выброс загрязняющих веществ в атмосферу крупных годов зоны атмосферного влияния в 2012 г.

Город ЭЗАВ	Выброс, тыс. т/год		Вклад объектов энергетики, %
	всего	объекты энергетики	
Иркутск	66,8	50,6	76
Ангарск	266,9	188,7	71
Шелехов	35,7	6,0	17
Усолье-Сибирское	28,2	27,7	98
Черемхово	6,5	2,7	41
Итого	404,2	275,7	68

Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в предыдущие годы не стабильно, но в целом характеризуется их ростом. Так, например, в период с 2007 по 2012 гг. увеличение произошло в 1,5 раза (с 271 тыс. т в 2007 г. до 404 тыс. т в 2012 г.), (рис. 2). Аналогичная ситуация наблюдается и по выбросам энергетических предприятий. При этом постоянно увеличивается не только объем выбросов от объектов энергетики, но и их вклад, так в 2007 г. вклад энергопредприятий в суммарную эмиссию составлял 60%, то в 2012 г. – 68%.

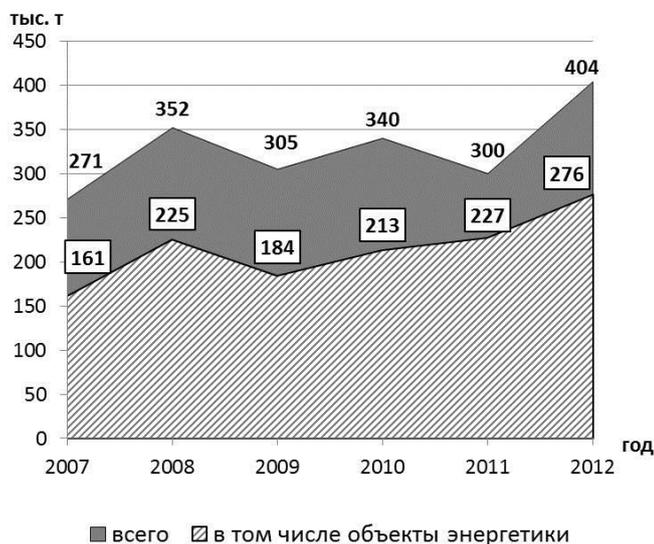


Рис. 2. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и вклад энергообъектов ЭЗАВ БПТ в период с 2007 по 2012 гг.

К энергопредприятиям в городах экологической зоны атмосферного влияния отнесены 7 крупных электростанций ОАО «Иркутскэнерго»:

- участок № 1 ТЭЦ-9, ТЭЦ-9(бывшая ТЭЦ-1), ТЭЦ-10 (г. Ангарск);
- Ново-Иркутская ТЭЦ (г. Иркутск);
- Шелеховский участок Ново-Иркутской ТЭЦ (г. Шелехов);
- ТЭЦ-11 (г. Усолье-Сибирское);
- ТЭЦ-12 (г. Черемхово).

Ингредиентная структура выбросов тепловых электростанций характеризуется преобладанием эмиссии оксидов серы, доля которых составляет до 70%. В рассматриваемый период структура выбросов значительно не изменилась, основной примесью является диоксид серы, и незначительно сократились доли твердых веществ (с 22% в 2007 г. до 16,7% в 2012 г.) и оксидов азота (с 17,5% в 2007 г. до 14,6% в 2012 г. от суммарного выброса), (рис. 3).

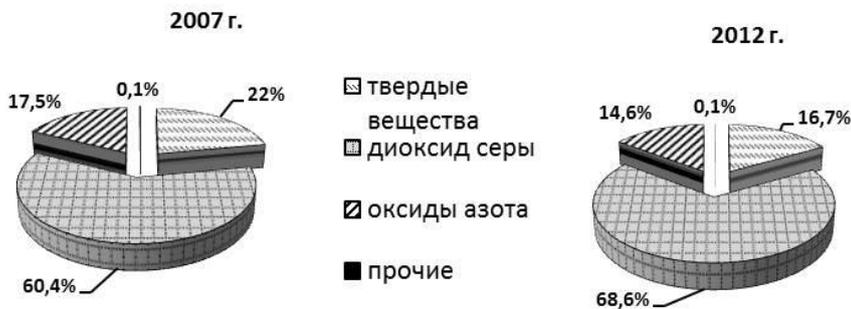


Рис. 3. Ингредиентная структура выбросов в 2007 и 2012 гг. от объектов энергетики

Тепловые электростанции зоны атмосферного влияния работают на угле (мазут используется для подсветки котлов в количестве не более 0,5% от общего объема топлива). По

качественному составу угли относятся к низкосернистым (содержание серы до 1,5%) и среднезольным – зольность углей в среднем составляет от 15 до 21% [5].

По объему сожженного топлива и, соответственно, количеству выбросов загрязняющих веществ в атмосферу лидирующие позиции занимают три тепловые электростанции: Ангарские ТЭЦ-9 и ТЭЦ-10 и Ново-Иркутская ТЭЦ, (таблица 2).

Таблица 2 – Расход топлива и количество выбросов атмосфере по предприятиям ОАО «Иркутскэнерго», расположенных в ЭЗАВ в 2012г.

Энергетическое предприятие	Расход топлива (тыс. т у.т./год)	Выбросы, тыс. т/год				
		всего	твердые вещества	диоксид серы	оксиды азота	прочие
Участок № 1 ТЭЦ-9	427,8	24,0	5,3	15,7	3,0	0,01
ТЭЦ-9	1248,3	60,7	10,2	43,2	7,3	0,02
ТЭЦ-10	1968,7	104,0	15,6	73,1	15,3	0,004
Ново-Иркутская ТЭЦ	1338,1	50,7	7,5	33,8	9,3	0,07
Шелеховский участок Ново-Иркутской ТЭЦ	138,5	6,0	1,6	3,5	0,9	0,01
ТЭЦ-11	486,2	27,7	5,4	18,5	3,7	0,09
ТЭЦ-12	68,3	2,7	0,6	1,5	0,6	0,04
В целом:	5675,9	275,8	46,2	189,3	40,1	0,2

Для Байкальской природной территории и акватории оз. Байкал именно эти три энергообъекта могут оказывать наибольшее негативное влияние. Такое влияние связано не только с объемом и с условиями выбросов, но особенностями переноса и рассеивания загрязняющих веществ.

Характер воздействия энергообъектов зоны атмосферного влияния определяется тем, что источники эмиссии являются:

- достаточно крупными, работающими на угле, что способствует образованию значительного объема выбросов - более 50 тыс. т/год и более;
- высокими (высота выброса превышает 100 м), соответственно, выбросы поступают за пределы приземного слоя атмосферы, вступая в процессы дальнего переноса загрязняющих веществ.

Особенности переноса определяются тем, что вредные примеси данных трех станций, расположенных на расстоянии от 80 до 100 км от акватории оз. Байкал ветрами западного и северо-западного направления выносятся в южную часть центральной экологической зоны БПТ и озера. Следует отметить, что над большей частью Иркутской области зимой преобладают ветры западного направления, летом - северо-западного. При этом долина р. Ангара, вдоль которой расположены источники эмиссии, ориентирована с северо-запада на юго-восток, поэтому повторяемость этих направлений ветра наибольшая [7].

Кроме того, важно учитывать, что загрязняющие вещества могут оказывать синергетический эффект (усиление действия различных примесей), выпадать в виде кислотных осадков, способствовать образованию туманов, а в условиях застойных явлений атмосферы формировать смоговые ситуации.

Масштабы влияния объектов энергетики зоны атмосферного влияния на БПТ охватывают как минимум южную котловину оз. Байкал, где частично расположены территории особого природопользования: Прибайкальский национальный парк и Байкальский заповедник, а также проживает немногим более 150 тыс. человек.

Таким образом, при продолжающемся росте выбросов предприятий энергетики, расположенных в зоне атмосферного ожидать снижения их антропогенного воздействия на оз. Байкал не приходится.

Для снижения антропогенного воздействия необходимо проводить модернизацию технологических процессов, внедрять современные природоохранные технологии, либо

осуществлять замену топлива на экологически чистые виды, а также активно применять альтернативные источники энергии.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект №14-48-04139-р_сибирь_a)

Список литературы:

1. Федеральный Закон «Об охране озера Байкал № 94 от 01.05.1999г.» – 8с.
2. Фонд содействия сохранения озера Байкал. Режим электронного доступа: http://www.baikalfund.ru/library/law/index.wbp?doc_id=03856c6f-5a86-4152-baa6-92407ef26116
3. Постановление Правительства РФ от 6.09.2000 № 661. «Об экологическом зонировании Байкальской природной территории и информировании населения о границах Байкальской природной территории, ее экологических зон и об особенностях режима экологических зон».
4. Распоряжение Правительства РФ от 27 ноября 2006 г. № 1641-р «Границы Байкальской природной территории и ее экологических зон».
5. Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2012 году».- Иркутск: Сибирский филиал ФГУНПП «Росгеолфонд», 2013.- 436 с.
6. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области за 2012 г – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2013. – 337 с.
7. Климат Иркутской области. Режим электронного доступа: <http://obirkutske.ru/klimat.html>

Устройство измерения аэроионного состава воздуха

Маковеев В.М., Постнов В.В.

*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ,
г. Казань, Россия*

Еще в начальную эпоху развития экспериментальных знаний об электричестве, было замечено влияние атмосферных зарядов на растения и животных, но научно обосновать этот факт долгое время никому не удавалось.

Воздух, особенно в слоях, прилегающих к земной поверхности, всегда находится в ионизированном состоянии, т.е. его молекулы несут положительный или отрицательный заряд. Ионизация происходит под влиянием различных факторов – прежде всего от излучения радиоактивных веществ, содержащихся в земной коре, а также космических лучей. Отрицательные ионы образуются в результате захвата свободных электронов каким-либо нейтральным атомом. В свою очередь, нейтральный атом может стать носителем положительного заряда, если он лишится одного из валентных электронов. Аэроионы присоединяют к себе несколько нейтральных молекул газа и образуют устойчивые комплексы из 10–15 молекул, несущих элементарный заряд. Такие комплексы называют легкими аэроионами.

Впервые факт биологического действия аэроионов установил советский ученый, профессор А.Л. Чижевский (1897-1964 гг.). Он установил, что если внешний воздух освободить от аэроионов, то все живое в таком воздухе гибнет от отравления недоокисленными продуктами обмена веществ, сопровождающегося преждевременной дистрофией и атрофией тканей и органов.

Число ионов в окружающем нас воздухе изменяется в зависимости от внешних метеорологических и географических условий, времени года, часов суток. В деревенском или горном воздухе число легких аэроионов обоих знаков в солнечный день доходит до 1000 в 1см³, на некоторых курортах их число поднимается до нескольких тысяч.

В настоящее время накоплена богатая информация о гигиеническом и лечебном значении аэроионов. Недостаточное же содержание в помещении легких ионов (или 2–3-х кратное преобладание положительных ионов при любом уровне ионизации) вызывает у многих людей недомогание, головные боли, тормозит легочный обмен. Поэтому органами санэпиднадзора установлены нормы аэроионного состава воздуха и в помещениях, где живет, работает, отдыхает или лечится человек.

Для решения рассматриваемой задачи в настоящее время наиболее перспективен аспирационный метод измерения концентраций легких аэроионов. Метод отличается универсальностью, достаточно высокой чувствительностью в широком диапазоне спектра, прост в реализации и обработке результатов измерения. Сущность заключается в том, что исследуемый воздух продувают с помощью вентилятора через измерительный конденсатор (аспираторную камеру), в котором создается электрическое поле. Камера проста по конструкции и имеет малые габариты (рис. 1). Аэроионы, двигаясь с потоком воздуха, смещаются в электрическом поле,

осаждаясь на собирающем электроде и отдавая ему свой заряд. Для лучшего осаждения аэроионов электроды выполняют в виде сеток, установленных перпендикулярно воздушному потоку[1]. Ток аэроионов I_A является информативным сигналом счётчика и в общем случае определяется выражением:

$$I_A = \int_{-\infty}^{+\infty} G \cdot \rho(K) dK, \quad (1)$$

где $\rho(K)$ - плотность заряда аэроионов с подвижностью K , G – коэффициент пропорциональности, который зависит от подвижности, конструктивных и режимных параметров аспирационной камеры.

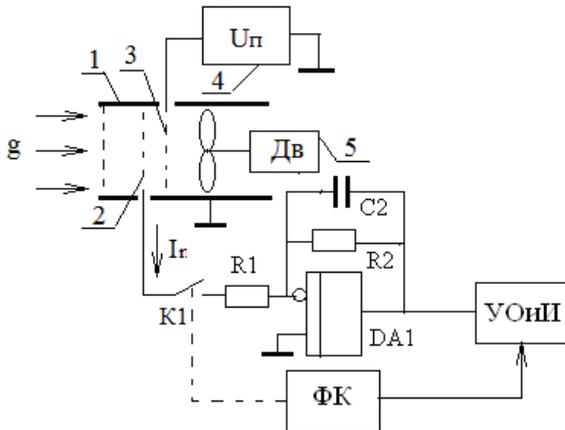


Рис. 1. Аспирационная камера с продуваемыми сетками.

1 – корпус камеры, 2 – собирающий электрод, 3 – высоковольтный электрод, 4 – высоковольтный источник питания, 5 – вентилятор, ФК – формирователь команд, УОИИ – устройство обработки и индикации результатов измерения

Данная камера проста для расчета, но у нее есть два существенных недостатка. Первое, камера быстро засоряется из-за наличия в воздухе различных частичек пыли. Для

устранения этого на практике собирающий и высоковольтный электроды выполняют в виде параллельно расположенных пластин, и тогда в случае загрязнения достаточно продуть аспирационную камеру воздухом. Второе, малая мощность сигнала аспирационной камеры вызывает серьезные проблемы при разработке измерительного тракта счетчика [2].

Наиболее перспективным с точки зрения помехозащищенности, надежности, уменьшения аппаратных затрат является метод импульсного съема сигнала с аспирационной камеры (измерение заряда аспирационной камеры). Этот метод позволяет использовать один измерительный тракт для измерения концентрации как положительных, так и отрицательных аэроионов, и создать счетчик с автоматическим выбором диапазона измерения[3]. Функциональная схема приведена на рисунке 2.

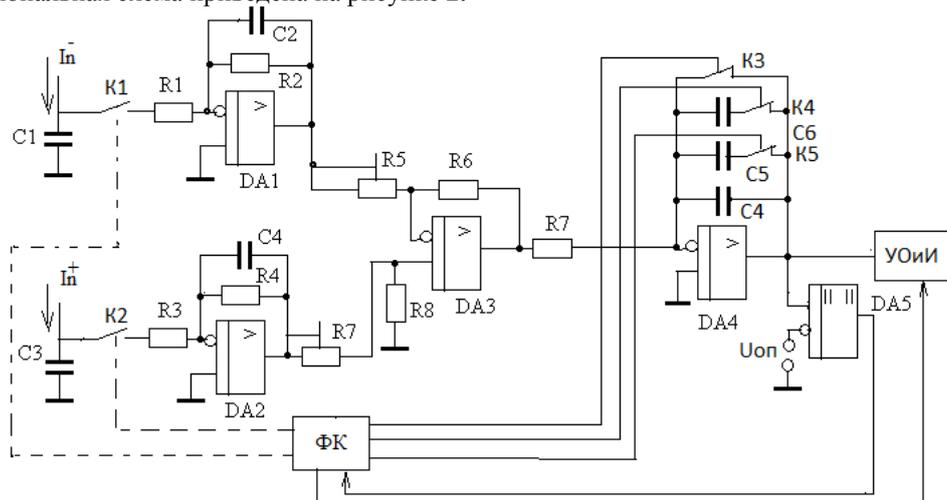


Рис.2. Функциональная схема счетчика аэроионов с интегрированием информативного сигнала.

В измерительном тракте счетчика установлен один интегратор, построенный на операционном усилителе DA4. В его отрицательной обратной связи установлены три конденсатора, емкости которых удовлетворяют условию:

$$C5 + C4 = 10 \cdot C4 \text{ и } C6 + C5 + C4 = 100 \cdot C4 \quad (2)$$

Процесс измерения происходит следующим образом. Срабатывание ключей К1 и К2 разнесены по времени, а замыкаются они на короткое время, не превышающее 10 – 20 миллисекунд. В результате на выходах операционных усилителей появляются импульсы, амплитуда которых пропорциональна измеряемой концентрации аэроионов.

Когда ключи К1 и К2 разомкнуты, ключи К3, К4 и К5 замкнуты, и конденсаторы С4, С5, С6 разряжены. При замыкании одного из ключей, пусть К1, размыкаются ключи К3, К4, К5. Причем, учитывая, что ключи К3, К4, К5 - аналоговые, а К1 и К2 – механические, эти сигналы можно подавать одновременно. Запаздывание в срабатывании ключей К1 и К2 составляет порядка пол миллисекунды. Счетчик работает на чувствительном диапазоне. На выходе DA1 появляется импульс положительной полярности, а на выходе DA3 – отрицательной. В результате выходное напряжение интегратора начнет увеличиваться. Если оно не достигает значения $U_{оп}$, подаваемого на второй вход компаратора, построенного на операционном усилителе DA4, то изменение диапазона измерения не происходит. По окончании времени интегрирования на выходе устройства обработки и отображения информации появляется результат измерения. Связь между выходным напряжением интегратора и измеряемой концентрацией аэроионов определяется выражением:

$$U_{инт} = I_n^- \cdot T_n \cdot R_2 / (R7 \cdot C4) \quad (3)$$

Это напряжение устройством обработки и индикации преобразуется в результат измерения. Если концентрация аэроионов велика, то в какой-то момент времени выходное напряжение интегратора достигнет значения $U_{оп}$, и сработает компаратор напряжения, построенный на DA5. Его сигнал поступает на вход формирователя команд, который подает сигнал на замыкание ключа К5 и сигнал на УОиИ. В результате, выходное напряжение интегратора уменьшится в десять раз (см. выражения (2) и (3)), а УОиИ перейдет на более грубый диапазон. Если измеряемая концентрация аэроионов очень велика, то в какой-то момент времени произойдет повторное срабатывание компаратора, что приведет к замыканию ключа К4 и к новому уменьшению выходного напряжения интегратора на порядок. УОиИ переключится на грубый диапазон измерения. После окончания процесса измерения ключи К3, К4, К5 замкнутся, и интегратор будет готов к новому измерению, теперь уже концентрации положительных аэроионов.

Реализация предложенной схемы построения счетчика позволяет значительно упростить его измерительный канал, повысить точность и надежность прибора. Кроме того, из выражения (3) видно, что результат измерения не зависит от емкости собирающего электрода камеры, что является положительным фактором.

Список литературы:

1. Таммет Х.Ф. Аспирационный метод измерения спектра аэроионов// Труды по аэроионизации и электроаэрозолям: Ун-та. – Тарту, 1967. –Вып.195. -234с.
2. Маковеев В.М., Гусева Л.И. К теории аспирационной камеры «с продуваемыми сетками». Рук. деп. в ИНФОРМ-прибор №5086-А. БУ №1, 1993г. -14с.
3. Маковеев В.М., Хафизов Г.М. Устройство для счета ионов // Патент на изобретение №246436, по заявке №2011124988 от 17июня 2011г., бюл. №29, 2012г.

Очистка воды от бензола с применением импульсного коронного разряда

Маринин С.А., Корнев Я.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

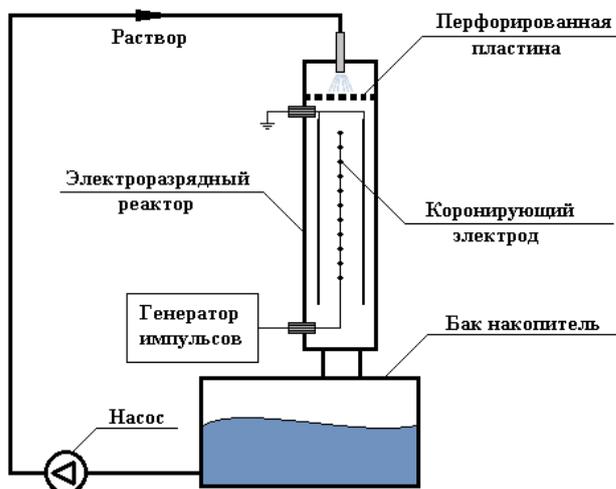
Бензол широко используется в нефтехимической, текстильной, химико-фармацевтической и других областях промышленности как растворитель и как исходное вещество для получения различных синтетических веществ. Концентрация бензола в сточных водах предприятий органического синтеза может достигать существенных значений. Кроме того, бензол является одним из компонентов низкомолекулярной части нефтепродуктов, которые, попадая в сточные воды нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятий, приводят к загрязнению окружающей среды. Бензол обладает канцерогенным действием [1]. Предельно-допустимая концентрация бензола для водоемов рыбохозяйственного назначения в России составляет 0,5 мг/л.

Очистка воды от бензола осуществляется путем сорбции [2], биологической очистки [3], а также в процессах окисления [4]. В настоящей работе для деструкции растворенного в воде

бензола используется импульсный коронный разряд в водо-воздушном потоке, который является источником активных частиц-окислителей: озона (O_3), атомарного кислорода (O) и гидроксильных радикалов (OH) [5]. Формирование каналов разряда в газовой фазе, в непосредственной близости или на поверхности капель воды, способствует эффективному взаимодействию короткоживущих радикалов с компонентами водных растворов [5]. Целью данной работы является определение эффективности деструкции растворенного бензола под действием ИКР в водо-воздушном потоке.

Модельный раствор бензола готовили путем растворения жидкого бензола в 50 л деионизированной воды. Начальная концентрация бензола в полученном модельном растворе составляла 10-15 мг/л. Концентрация бензола в пробах определялась методом обращено-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Для анализа использовался хроматограф фирмы Agilent с колонкой Kinetex 2.6 μm C18 (150 x 4.6 мм). В качестве элюента использовался 70% водный раствор метанола. Анализ проводился с использованием УФ-детектора на длине волны 208 нм.

Основными элементами экспериментальной установки являлись электроразрядный реактор, бак накопитель объемом 100 л и генератор высоковольтных импульсов. Схема установки приведена на рисунке 1. Исходный водный раствор бензола объемом 50 л помещался в бак-накопитель. Затем раствор с помощью насоса подавался на верхнюю часть колонны, диспергировался на капли при помощи перфорированной пластины с размерами отверстий 1 мм.



Капли воды поступали на систему электродов, где обрабатывались импульсным коронным разрядом. После этого раствор снова поступал в бак-накопитель. Объемная скорость потока раствора составляла от 4 до 20 л/мин.

Рис. 1. Экспериментальная установка

Для питания разряда использовался магнитотристорный генератор высоковольтных импульсов, построенный по принципу разряда накопительного конденсатора на нагрузку через дроссель насыщения. Амплитуда напряжения на электродах составляла 19 кВ, амплитуда тока составляла 250 А, энергия импульса –

0,34 Дж. Частота следования импульсов варьировалась от 200 до 840 имп/с.

При диспергировании воды на капли часть растворенного бензола может переходить в газовую фазу. Для определения влияния аэрации на скорость удаления бензола исходный раствор циркулировал в экспериментальной установке без включения импульсного коронного разряда в течение 150 минут (рис. 2). За это время концентрация растворенного в воде бензола снизилась на 45%.

Зажигание импульсного коронного разряда в межэлектродном промежутке приводило к значительному повышению скорости удаления бензола. При этом скорость окисления бензола возрастала с ростом частоты следования импульсов (см. рис. 2).

Повышение частоты следования импульсов приводит к увеличению мощности, выделившейся в электроразрядном реакторе. На рисунке 3 представлены зависимости относительной концентрации бензола в растворах от удельных затрат энергии на обработку растворов при различных частотах следования импульсов. По кривым, приведенным на рис. 3, была рассчитана энергетическая эффективность окисления бензола. Расчет проводился по формуле:

$$Y = \frac{\Delta C \cdot V}{W}$$

Где Y – эффективность окисления (г/кВт·ч), ΔC – изменение концентрации бензола в результате обработки, V – объем обрабатываемой пробы, W – затраты энергии на обработку воды. При определении эффективности использовали значение энергии, соответствующее снижению концентрации бензола в два раза относительно исходной.

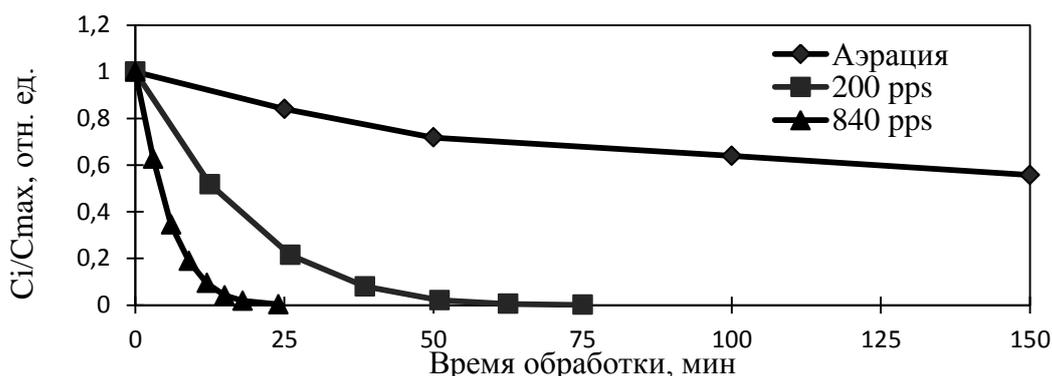


Рис. 2. Зависимость приведенной концентрации бензола от времени обработки для разных режимов

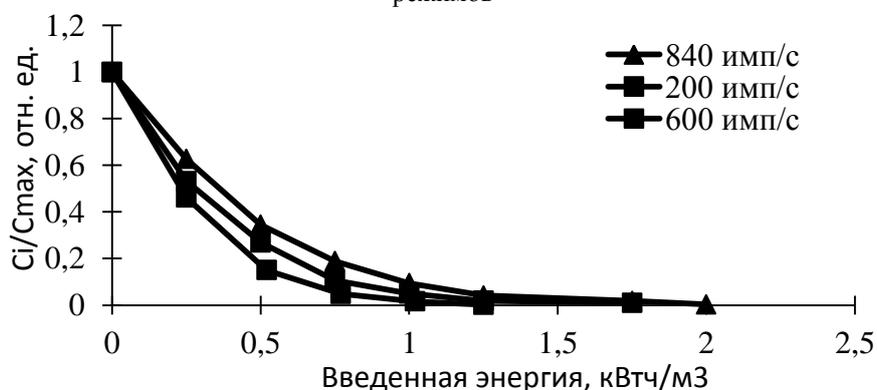


Рис. 3. Зависимость приведенной концентрации бензола от величины введенной энергии. Объемный расход воды – 20 л/мин

Увеличение частоты следования импульсов с 200 до 840 имп/с приводило к снижению энергетической эффективности окисления бензола с 1,4 до 1,2 г/кВт·ч. Снижение эффективности окисления может быть обусловлено снижением эффективности генерации активных частиц, прежде всего, озона. Известно, что время жизни короткоживущих радикалов (ОН) в воздухе составляет не более нескольких сотен микросекунд [6]. При этом изменение частоты следования импульсов с 200 до 1000 имп/с не может оказать существенного влияния на концентрацию короткоживущих частиц, так как эти частицы полностью рекомбинируют за время паузы напряжения. Эффективность генерации озона, напротив, может зависеть от частоты за счет разрушения образовавшегося озона в плазме разряда. В наших экспериментах с увеличением частоты следования импульсов в 4,2 раза (с 200 до 840 имп/с) концентрация озона возросла менее чем в два раза: с 3 мг/л при частоте следования импульсов 200 имп/с до 5,5 мг/л при частоте 840 имп/с.

Лимитирующей стадией процесса окисления бензола в электроразрядном реакторе также может выступать перенос активных окислителей через границу раздела фаз «газ-жидкость». Для изучения влияния массопереноса на процесс окисления бензола были выполнены эксперименты при различных объемных скоростях потока раствора. Зависимости концентрации бензола от энергии, введенной в электроразрядный реактор при различных объемных скоростях потока воды, представлены на рисунке 4. Увеличение объемного расхода обрабатываемого раствора через реактор с 4 до 20 л/мин приводит к росту эффективности окисления бензола на 24%. Ранее было установлено, что повышение объемной скорости потока воды приводит к пропорциональному увеличению площади поверхности контакта воды и газовой фазы в реакторе [7]. Увеличение поверхности раздела фаз способствует лучшей абсорбции окислителей поверхностью обрабатываемой воды и росту эффективности удаления растворенного в воде бензола в реакциях с окислителями.

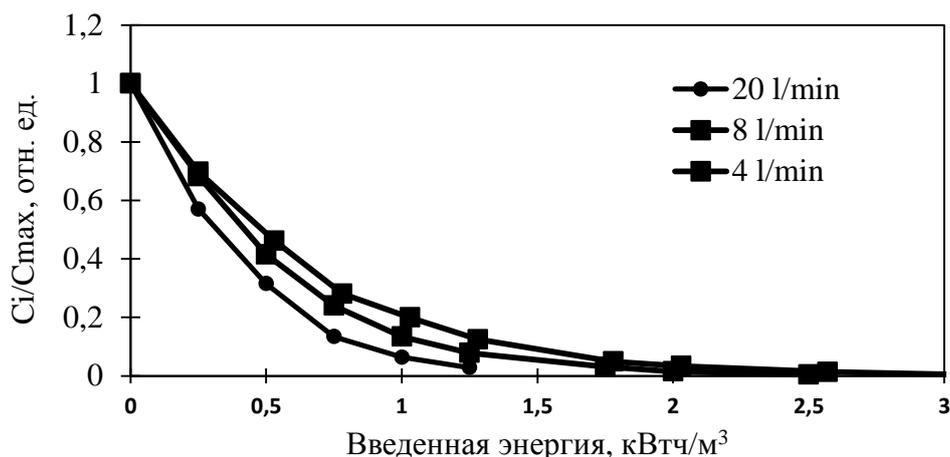


Рис. 4. Зависимость приведенной концентрации бензола от объемного расхода раствора. Частота следования импульсов – 840 имп/с

Обработка модельных растворов бензола импульсным коронным разрядом в водо-воздушном потоке позволяет снизить концентрацию растворенного в воде бензола с 10 – 15 мг/л до 0,01 – 0,03 мг/л, что существенно ниже предельно допустимой концентрации, составляющей 0,5 мг/л для вод рыбохозяйственного назначения.

Таким образом, применение электроразрядной технологии является перспективным направлением очистки сточных вод от растворенного бензола. Эффективность окисления бензола составляет 1,2 – 1,4 г/кВтч, затраты энергии на обработку воды – 1,0 – 1,5 кВтч/м³. Для повышения скорости окисления бензола необходима оптимизация процессов массообмена в реакторе импульсного разряда, а также повышение эффективности использования активных частиц-окислителей.

Список литературы:

1. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp3.pdf>
2. Yue Z., Mangun C., Economy J., Kemme P., Cropek D., Maloney S. Removal of chemical contaminants from water to below USEPA MCL using fiber glass supported activated carbon filters // *Environ. Sci. Technol.* – 2001. – Vol. 35. – P. 2844 – 2848.
3. Farhadian M., Duchez D., Vachelard C., Larroche C. Monoaromatics removal from polluted water through bioreactors—A review // *Water Research.* – 2008. – Vol. 42. – P. 1325 – 1341.
4. Garoma T., Gurol M.D., Osibodu O., Thotakura L. Treatment of groundwater contaminated with gasoline components by an ozone/UV process // *Chemosphere.* – P. 825 – 831.
5. Kornev J., Yavorovsky N., Preis S., Khaskelberg M., Isaev U., Chen B-N. Generation of active oxidant species by pulsed dielectric barrier discharge in water-air mixtures // *Ozone: Sci. Eng.* – 2006. – Vol. 28. – No. 4. – P. 207 – 215.
6. Ono R., Oda T. Dynamics of ozone and OH radicals generated by pulsed corona discharge in humid-air flow reactor measured by laser spectroscopy // *Journal of Applied Physics.* – 2003. – Vol. 93. – No. 10. – P. 5876 – 5882.
7. Preis S., Panorel I. C., Kornev I., Hatakka H., Kallas J. Pulsed Corona Discharge: The Role of Ozone and Hydroxyl Radical in Aqueous Pollutants Oxidation. *Wat. Sci. Technol.* – 2013. – Vol. 68. – P.1536 – 1541.

Исследование сорбционных свойств микробиологического адсорбента при извлечении из водных сред ионов тяжёлых металлов

Мартемьянова И. В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Одними из наиболее серьёзных загрязняющих факторов присутствующих практически во всех видах вод, являются микробиологические загрязнения (бактерии, вирусы, простейшие) [1, 2]. Существуют различные методы, для очистки воды от бактериологических загрязнений, такие как: мембранная очистка, ультрафиолетовое обеззараживание, озонирование, различная реагентная обработка, а также использование микробиологических фильтровальных материалов

(микробиологических адсорбентов) [3]. В последние годы, всё чаще находят применение новые виды микробиологических фильтровальных материалов [4]. Их практическое использование начинает находить применение, как в крупных водоочистных комплексах, так и в индивидуальных системах водоочистки, в комбинации с другими фильтровальными материалами и индивидуально [5]. При использовании микробиологических адсорбентов без сочетания с другими сорбентами, или способами очистки воды, необходимо знать, насколько данные материалы способны извлекать из водных сред другие виды загрязнений. Очень часто имеет место применение малых систем очистки воды (походные, бытовые), где применяется только один вид фильтровальных материалов, поэтому исследование их сорбционных свойств по извлечению различных видов загрязнений является актуальной задачей [6].

Целью данной работы является изучение ряда физико-химических, а также сорбционных свойств образцов микробиологических адсорбентов (патент RU 2242276 С1, МПК В01J20/06), при извлечении из водных растворов ионов Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} .

Исследования проводили на двух образцах микробиологических адсорбентов, один из которых на основе целлюлозы, а второй на основе базальтового волокна. Данные волокнистые образцы носителей модифицированы наночастицами оксигидроксида алюминия.

Для оценки структурных характеристик образцов исследуемых микробиологических адсорбентов использовали метод тепловой десорбции азота. По данным измерения оценивали площадь удельной поверхности ($S_{уд}$) и значения удельного объема пор (P) образцов с использованием анализатора «СОРБОМЕТР М».

Определение влажности фильтровальных образцов производили в соответствии с ГОСТом 13525.19-91. Определялось отношение потери массы образца микробиологического адсорбента, при высушивании к его первоначальной массе при отборе пробы в соответствии со стандартным методом испытания.

Сорбция ионов Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} проводилась в статическом режиме, с использованием магнитной мешалки, при скорости вращения до 200 об/мин. Для проведения эксперимента брали навеску исследуемого материала массой (m) 0,2 г, помещали её в стеклянный стакан объёмом 50 мл и заливали 20 мл раствора (V) с начальной концентрацией (C_0) 1 мг/дм³ [7]. Модельные растворы готовили на бидистиллированной воде с использованием ГСО состава растворов ионов цинка, кадмия, свинца и меди. Процесс осадительной сорбции для каждого исследуемого образца проводили при времени контакта - 150 минут. После проведения процесса сорбции, адсорбат отфильтровывали от сорбента на бумажном фильтре «синяя лента». Конечные концентрации ионов Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} определяли методом инверсионной вольтамперометрии [8].

На рисунке 1 представлен внешний вид исследуемого микробиологического адсорбента на основе целлюлозы. Фильтровальный микробиологический материал на основе базальтового волокна представлен на рисунке 2.

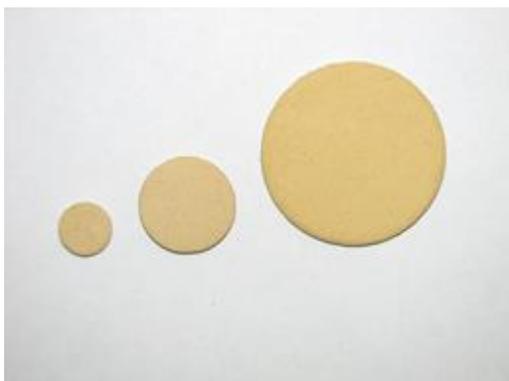


Рисунок 1. На основе целлюлозы



Рисунок 2. На основе базальтового волокна

Таблица 1. Физико-химические свойства фильтровальных материалов

Образец	Влажность, % масс	$S_{уд}$, м ² /г	P , см ³ /г
На целлюлозе	6±2	54,09	0,023
На базальтовом волокне	4±2	38,94	0,017

В табл. 1 представлены некоторые физико-химические параметры образцов микробиологических адсорбентов: влажность, удельная поверхность и удельный объем пор.

Как видно из таблицы 1, материал на основе целлюлозы имеет показатель по влажности немного выше, чем образец на основе базальтового волокна. По удельной поверхности и удельному объёму пор образец на основе целлюлозы имеет большие показатели.

В работе определена эффективность сорбции образцов микробиологических адсорбентов, при извлечении ионов Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} из водных растворов. В табл. 2, приведены адсорбционные характеристики исследуемых фильтровальных материалов, при извлечении ионов тяжёлых металлов. Процесс сорбции, с перемешиванием на магнитной мешалке, проводился в течении 150 минут.

Таблица 2. Адсорбционные характеристики микробиологических материалов

Образец	Элемент	Концентрация элемента в растворе до сорбции, мг/дм ³	Концентрация элемента в растворе после сорбции, мг/дм ³	Степень сорбции, %
На целлюлозе	Zn^{2+}	1	0,173	82,7
	Cd^{2+}		0,119	88,1
	Pb^{2+}		0,00563	99,43
	Cu^{2+}		0,0862	91,38
На базальтовом волокне	Zn^{2+}		0,0349	96,51
	Cd^{2+}		0,000809	99,91
	Pb^{2+}		0,00447	99,55
	Cu^{2+}		0,0186	98,14

Согласно приведенным сорбционным данным в таблице 2, мы видим, что оба исследуемых образца показывают хорошую сорбционную способность по всем сорбируемым элементам. Наилучшую степень сорбции при извлечении ионов Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} из водных растворов показал образец на основе базальтового волокна.

Выводы

1. По результатам проведённой работы определены влажность, удельная поверхность и удельный объём пор исследуемых образцов микробиологических адсорбентов.
2. Исследованы адсорбционные свойства исследуемых образцов микробиологических фильтров, в процессе статической сорбции, по отношению к ионам Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} .
3. Материал на основе базальтового волокна показал лучшую сорбционную способность по сравнению с образцом на основе целлюлозы.
4. Сделан вывод, о возможности эффективного использования исследуемых микробиологических адсорбентов, для очистки водных сред от таких ионов тяжёлых металлов, как: Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} .

Список литературы:

1. Фрог Б. Н., Левченко А.П. Водоподготовка. – М.: МГУ, 1996. – 680 с.
2. Телитченко М.М., Остроумов С.А. Введение в проблемы биохимической экологии: Биотехнология, сельское хозяйство, охрана среды. – М.: Наука, 1990. – 285 с.
3. Косое В. И. Баженова Э. В. Вода и экология: проблемы и решения. 2001 №1. С. 40-45.
4. Мартемьянов Д. В., Короткова Е. И., Галанов А. И. Сорбционные материалы нового поколения для очистки водных сред от микробиологических загрязнений // Вестник Карагандинского университета. 2002. № 3. – С. 61-65.
5. Martemyanov D. V., Korotkova E. I., Muhortov D. N. FiBrA installations with nanosorption FilLis cleaning materials for purification of aquatic environments from the chemical and microbiological contamination: тезисы докладов XIII Всероссийской научно-практической конференции имени профессора Л. П. Кулёва студентов и молодых учёных с международным участием «Химия и химическая технология в XXI веке», (г. Томск), 2012.
6. Plotnikov E. V., Martemyanova I. V., Martemyanov D. V. «Development of installations for the purification of water mediums in extreme conditions using nanosorption filtering materials» (тезисы) П27 Перспективы развития фундаментальных наук: труды XI Международной конференции студентов и молодых учёных. Россия, Томск, 22–25 апреля 2014 г. – Национальный Исследовательский Томский политехнический университет, 2014.

7. Мартемьянов Д. В., Галанов А. И., Юрмазова Т. А. Определение сорбционных характеристик различных минералов при извлечении ионов As^{5+} , Cr^{6+} , Ni^{2+} из водных сред // Фундаментальные исследования № 8 (часть 3), 2013 год. С. 666-670.
8. Скачков В. Б., Ластенко Н. С., Иванов Ю. А., Хустенко Л. А., Назаров Б. Ф., Заичко А. В., Иванова Е. Е., Носова Г. Н., Толмачёва Т. П. Измерение массовой концентрации химических веществ методом инверсионной вольтамперометрии: Сборник методических указаний. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – С. 271.

Бытовая установка для очистки водопроводной воды

*Мухортов В.В., Немцова О.А., Мартемьянов Д.В., Мухортова Ю.Р., Дозморов П.С.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Одним из самых доступных источников воды для цивилизованного человека остается вода из водопровода [1, 2]. Но её качество не всегда такое, как хотелось бы, из-за содержания в ней различных химических и механических загрязнений [3, 4]. Многие водопроводы, по которым идёт вода, являются устаревшими и изношенными, и в процессе эксплуатации они загрязняют идущую по ним воду механическими и химическими веществами.

В данной работе, объектом исследования является водоочистная установка, состоящая из трёх фильтровальных модулей. Установка предназначена для очистки водопроводной воды в бытовых условиях от механических и химических загрязнений. Первый модуль представляет собой механический фильтр (AquaKit SL 10" WP). Он задерживает нерастворимые примеси с размером частиц более пропускной способности картриджа. Картридж WP изготовлен из полипропиленовой нити встречной скрутки, навитой с переменным шагом на жестком перфорированном основании (1 на рис. 2). Второй модуль заполнен минералами цеолит и глауконит, с размером фракций 0,5-1 мм (2, 3 на рис. 2). Третий модуль заполнен сорбентом на основе керамзита модифицированного оксигидроксидом железа, с размером гранул 0,5-1,5 мм [5] и активированным углём (4, 5 на рис.2).

Для оценки структурных характеристик применяемых в установке сорбентов, использовали метод тепловой десорбции азота. По данным измерения оценивали площадь удельной поверхности ($S_{уд}$) и значения удельного объема пор (P) образцов с использованием анализатора «СОРБОМЕТР М».

Сорбционные характеристики водоочистной установки определяли по извлекаемым из водопроводной воды элементам: Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} , Si . Начальные и конечные концентрации ионов Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} определяли методом инверсионной вольтамперометрии [6]. Содержание Si^{4+} определяли методом фотоколориметрии.

На рисунке 1 показана описываемая водоочистная установка для фильтрации водопроводной воды в домашних условиях.



Рисунок 1. Общий вид водоочистной установки

На рисунке 2 представлена схема исследуемой водоочистной установки.

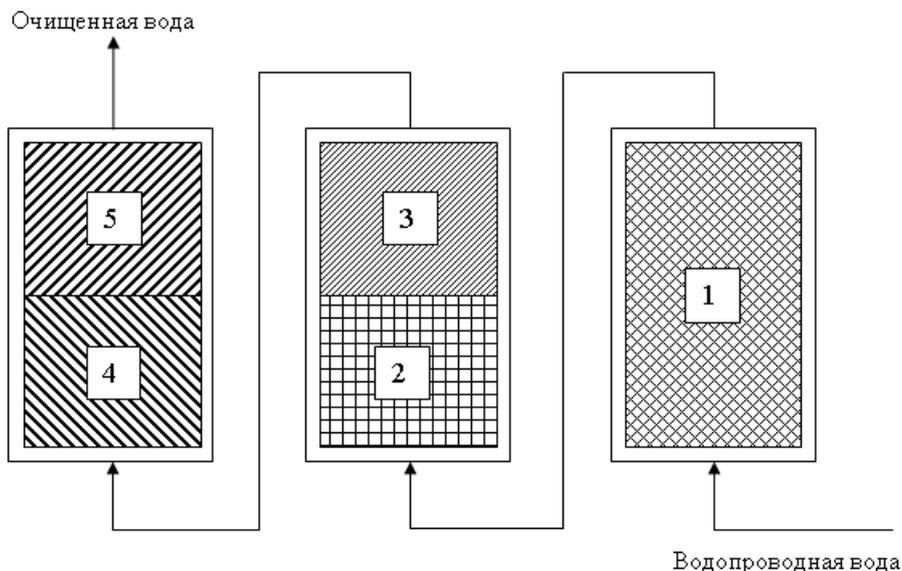


Рисунок 2. Схема водоочистной установки

На схеме показаны: 1 - механический фильтр (AquaKit SL 10" WP; 2 – слой цеолита Шивыртуйского месторождения; 3 – слой глауконита; 4 – слой сорбционного материала на основе керамзита модифицированного оксигидроксидом железа; 5 – слой цеолита Шивыртуйского месторождения.

В таблице 1 представлены удельная поверхность (S) и удельный объем пор (P) сорбентов, применяемых в исследуемой водоочистной установке.

Таблица 1. Определение удельной поверхности и удельного объема пор сорбентов

Образец	$S_{уд}, м^2/г$	$P, см^3/г$
Цеолит Шивыртуйский (0,5-1 мм)	7,205	0,003
Сорбент: керамзит + FeOOH (0,5-1,5)	83,48	0,035
Глауконит (0,5-1 мм)	64,79	0,026
Активированный уголь		

Из таблицы 1 видно, что самой большой удельной поверхностью и наибольшим удельным объемом пор обладает сорбент на основе керамзита модифицированный оксигидроксидом железа.

В таблице 2 представлены сорбционные характеристики водоочистной установки, при извлечении ионов Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} , Si^{4+} из водопроводной воды.

Из таблицы 2 видно, что очистка воды по ионам Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} идет очень хорошо, в процессе пропускания 1000 литров водопроводной воды. На протяжении фильтрации водопроводной воды, по Si^{4+} идет постепенное снижение сорбционной способности установки с 43 % и на тысячном литре доходит до 0 % очистки.

Выводы

1. Разработана новая водоочистная установка с определенным сочетанием фильтровальных материалов.
2. По результатам проведенной работы, определены удельная поверхность и удельный объем пор сорбентов, используемых в водоочистной установке.
3. Исследованы сорбционные свойства фильтра по отношению к ионам Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} , Si^{4+} .

4. Сделан вывод, о возможности эффективного использования разработанной водоочистой установки для извлечения из водопроводной воды ионов Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} , Si^{4+} .

Таблица 2. Сорбционные характеристики водоочистой установки

№	Пропущенный литр	Время прохождения, мин.	Элемент	Результаты*		
				Исходная концентрация, мг/л	Конечная концентрация, мг/л	Эффективность очистки установки, %
1	1	2	Zn	0,27	0,024	91,12
			Cd	0,00047	Менее 0,0002	Более 57,45
			Pb	0,0013	0,00052	60
			Cu	0,07	Менее 0,0005	Более 99,28
			Si	11,6	6,6	43,2
2	300	2	Zn	0,27	0,0021	99,22
			Cd	0,00047	Менее 0,0002	Более 57,45
			Pb	0,0013	0,00023	82,31
			Cu	0,07	Менее 0,0005	Более 99,28
			Si	11,6	10,82	6,8
3	700	1	Zn	0,27	0,00097	99,64
			Cd	0,00047	Менее 0,0002	Более 57,45
			Pb	0,0013	Менее 0,0002	Более 84,62
			Cu	0,07	Менее 0,0005	Более 99,28
			Si	11,6	11,36	2,1
4	1000	1	Zn	0,27	0,0246	90,89
			Cd	0,00047	Менее 0,0002	Более 57,45
			Pb	0,0013	0,00057	56,16
			Cu	0,07	0,0177	74,72
			Si	11,6	11,6	0

Список литературы:

1. Тягунова Г. В., Ярошенко Ю. Г. Экология: учебник - М.: Интермет Инжиниринг, 2000. – 300 с.
2. Трушин Т. П. Экологические основы природопользования.- Ростов н/Д.: «Феникс», 2001. 384 с.
3. Родионов А. И. Техника защиты окружающей среды: учебник для вузов / Родионов А. И., Клушин В. Н., Торочешников Н. С. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Химия, 1989. – 512 с.
4. Клячков В.А., Апельцин И.Э. Очистка природных вод. М.: Стройиздат. 1971. 579 с.
5. Мартемьянов Д. В., Силин Д. И. Способ получения сорбентов тяжёлых металлов и сорбенты тяжёлых металлов (варианты)//Описание изобретения к заявке на патент. – Томск, 2013. – С. 1.
6. Скачков В. Б., Ластенко Н. С., Иванов Ю. А., Хустенко Л. А., Назаров Б. Ф., Заичко А. В., Иванова Е. Е., Носова Г. Н., Толмачёва Т. П. Измерение массовой концентрации химических веществ методом инверсионной вольтамперометрии: Сборник методических указаний. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – С. 271.

Тепловой обмен человека с окружающей средой

Мякишева К. В.

Юргинский технологический институт Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Юрга, Россия

На начальном этапе своего развития, люди взаимодействуют с окружающей средой. В эволюции человек, стремящийся максимально эффективно удовлетворить свои потребности в еде, богатства, защиты от климатических воздействий и погодных, улучшения своей коммуникативности, непрерывно работал на природную среду и, прежде всего, на биосферу. Для достижения этих целей, он превратил часть биосферы в территории, оккупированные техносферой.

Техносфера, созданная человеком с помощью технических средств является территорией, занятые городами, поселками, деревнями, промышленными зонами и предприятиями. Для техносферных являются условия присутствия человека на объектах экономики, транспорта, домашних хозяйств, на территориях городов и поселков.

В ходе человеческой жизни человечество постоянно взаимодействует не только с природной средой, но и с себе подобными, которые составляют так называемую социальную среду. Она формируется и используется человеком для продолжения рода, обмена опытом, знаниями, для удовлетворения своих духовных потребностей и накопления интеллектуальных ценностей. [1]

Среда обитания - среда обитания человека, характеризующаяся с текущим набором факторов (физических, химических, биологических и социальных), которые могут иметь прямое или косвенное, непосредственные или отдаленные последствия для человеческой деятельности, здоровья и потомства.

Действуя в этой системе, человек непрерывно работает с двумя основными проблемами:

— обеспечивает свои потребности в пище, воде и воздухе;

— создание и использование защиты от негативных воздействий, как со стороны обитания, так и себе подобных.

Тесный контакт с воздухом, организм человека поддается воздействию физических и химических факторов: состав воздуха, температура, влажность, скорость движения воздуха, атмосферного давления и других. Особое внимание следует уделять параметрам микроклимата помещений-аудиторий, промышленных и жилых зданий. Микроклимат, с прямым воздействием на один из наиболее важных физиологических процессов, терморегуляции, необходим для поддержания нормального состояния организма.

Терморегуляция — это набор процессов, которые обеспечивают баланс между теплопродукцией и теплоотдачей, благодаря которой сохраняется постоянная температура человеческого тела.

Деятельность человека сопровождается замедленным высвобождением тепла в окружающую среду. Его количество зависит от степени физической нагрузки в определенных климатических условиях. Для того чтобы физиологические процессы в организме протекали нормально, выделяемая организмом теплота должна полностью отдаваться в окружающую среду. Комфортная среда для человеческого организма обеспечивается при тепловом балансе.

Уравнение теплового баланса для человеческого тела в течение определенного периода времени может быть представлено следующим образом:

$$M + S \pm R \pm C \pm P - E = 0,$$

где M - тепло обменных процессов, полученных в результате химических субстратов питания, подвергающихся расщеплению в клетках; S - накопленное тепло тела; R, C, P - тепло отданное (с -) или полученное (с +) путем излучением, конвекцией теплопередачи; E - тепло отданное в счет испарения.

Таким образом, тепловое благополучие человека или тепловой баланс в системе человек - среда обитания зависит от температуры окружающей среды, мобильности и относительной влажности, атмосферного давления, температуры окружающих предметов и интенсивности физической нагрузки. [2]

Нарушение теплового баланса может привести к перегреву или переохлаждению организма и соответственно к потере трудоспособности, быстрой усталости, потеря сознания и смерть.

Нормальная жизнедеятельность происходит, когда баланс тепла (теплового равновесия), то есть соответствия между теплопродукцией вместе с теплотой от окружающей среды и излучательной способности достигается без напряжения процессов терморегуляции. Влияние тепла тела зависит от условий микроклимата, которые зависят от множества факторов, которые влияют на передачу тепла: температура, влажность, скорость движения воздуха, температуры окружающих человека предметов.

Температура, скорость, влажность и атмосферное давление окружающего воздуха называются параметрами микроклимата. Чтобы понять влияние показателя микроклимата на передачу тепла, необходимо знать основные пути воздействия тепла организмом. В нормальных условиях организм человека теряет примерно 85% тепла через кожу и 15% тепла потребляется для подогрева пищи, вдыхании воздуха и испарение воды из легких. 85% тепла, через кожу, распределяется следующим образом: 45% составляют 30% излучения и 10% для испарения. Эти показатели могут изменяться в зависимости от условий микроклимата.

Важным интегральным показателем теплового состояния организма является средняя температура тела (внутренняя температура тела) 36,6 градусов по Цельсию. Это зависит от степени теплового баланса и уровня энергии при выполнении физической работы. Самая высокая температура внутреннего тела, которую может выдержать человек — + 43 градусов, минимальная + 25 градусов Цельсия.

При неблагоприятных погодных условиях в некоторых областях тела, она может опускаться до 20 градусов по Цельсию и иногда ниже.

Рекомендуемыми нормами параметра микроклимата должны обеспечивать в процессе терморегуляции такое соотношение физиологических и физико-химических процессов, при которых поддерживалось бы устойчивое тепловое состояние в течение длительного времени, без снижения работоспособности человека.

Наряду с изменениями параметров микроклимата изменяется и тепловое состояние здоровья человека. Условия, которые нарушают, вызывают тепловой баланс реакции организма, способствуя его восстановлению.

Условия, при которых нормальное тепловое состояние человека нарушается, называется неудобным. При низкой интенсивности системы терморегуляции и небольшого дискомфорта, погодные условия считаются приемлемыми.[3]

Теплообмен организма человека с окружающей средой заключается во взаимосвязи между образованием тепла в результате функционирования организма и отдачей или получением им тепла из окружающей среды.

Характер и интенсивность теплообмена между человеком и окружающей средой зависит от метеорологических условий окружающей среды, теплопродукции организма работника, функционального состояния организма, передачи тепла от глубокой ткани к коже. [4]

Таким образом, тепловое благополучие, или тепловой баланс в системе человек - среда обитания зависит от температуры окружающей среды, подвижности и относительной влажности воздуха, атмосферного давления, температуры окружающих предметов и интенсивности физических упражнений.

Список литературы:

1. <http://3ys.ru/tekhnogennye-sistemy-ikh-vzaimodejstvie-s-okruzhayushchej-sredoj/vzaimodejstvie-v-sisteme-chelovek-sreda-obitaniya-vozdrejstvie-na-heloveka-potokov-zhiznennogo-prostranstva.html>
2. http://ftmk.mpei.ac.ru/bgd/_private/PR_MK/V_2_A_tep_l_balans.htm
3. Теплообмен человека с окружающей средой - Реферат [Электронный ресурс] – URL: <http://www.ronl.ru/referaty/bzhd/440437/>
4. <http://www.stroitelstvo-new.ru/gigiena-truda/teplobmen.shtml>

Влияние высокодисперсных порошков борной кислоты на параметры термоокислительной деструкции эпоксидных полимеров

Амелькович Ю.А., Мельникова Т.В., Назаренко О.Б., Путенпуракалчир М.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Применение полимерных материалов в промышленности ограничивают такие недостатки как низкая термическая стойкость и повышенная горючесть. Введение в полимеры специальных добавок приводит к снижению их горючести [1].

В качестве замедлителя горения изделий из древесины, бумаги, хлопка и целлюлозы используется борная кислота H_3BO_3 [2, 3]. При нагреве борной кислоты происходит эндотермическая реакция выделения и испарения воды с образованием метаборной кислоты HBO_3 и оксида бора B_2O_3 . Применение борной кислоты в качестве наполнителя-антипирена полимерных материалов способствует охлаждению полимерной матрицы при горении и приводит к образованию стекловидной пленки оксида бора на горящей поверхности.

В данной работе представлены результаты исследования влияния добавок высокодисперсных порошков борной кислоты на параметры термоокислительной деструкции эпоксидных композитов.

Для получения эпоксидных композитов использовали эпоксидную смолу ЭД-20, а в качестве наполнителя – высокодисперсный порошок борной кислоты. Анализ дисперсного состава порошков, проведенный с помощью электронной микроскопии (ТМ-3000), показал, что 45 % частиц имеют размер менее 40 мкм. В качестве отвердителя эпоксидной смолы использовали гексаметилендиамин. Концентрация наполнителя в композициях составляло 1; 2,5; 5 и 10 мас. %.

Параметры термоокислительной деструкции полученных образцов эпоксидных композитов, а также исходной отвержденной смолы и борной кислоты были исследованы с использованием термогравиметрического метода (ТГ) и дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК) [4]. Термоокислительную деструкцию исследовали в режиме линейного нагрева со скоростью 10 °С/мин в атмосфере воздуха в диапазоне температур 20–1000 °С с помощью совмещенного термоанализатора ТГА/ДСК/ДТА SDT Q600.

При нагревании полимерных материалов в них происходят различные физические переходы и химические превращения. С процессом термоокислительной деструкции связаны переходы с химическими превращениями. Способность полимерного материала сохранять неизменное химическое строение при повышении температуры называется термостойкостью.

Термоокислительная деструкция исследуемых образцов происходит в три стадии. Процесс деструкции оканчивается для исходного эпоксидного полимера при 600 °С. Введение наполнителя положительно влияет на термостойкость наполненных образцов.

На рис. 1 представлены результаты обработки термограмм образцов эпоксидного полимера без наполнителя и с концентрацией борной кислоты 10 мас. %, а также исходной борной кислоты.

По ТГ-кривым были определены температуры фиксированных потерь масс образцов при нагревании – 5, 10, 20, 30 и 50 % и потери массы при фиксированных значениях температуры – 100, 200, 300, 400, 500 и 600 °С. На рис. 2 и 3 представлены зависимости изменения температуры 50%-ной потери массы и остаточной массы образцов при температуре 600 °С от концентрации наполнителя.

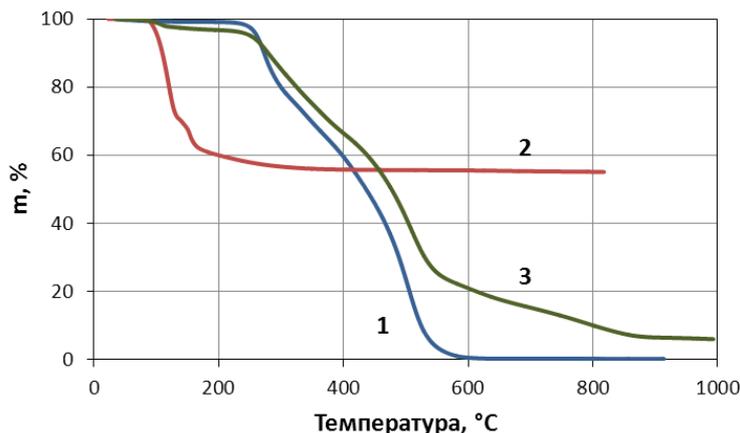


Рис. 1. Зависимости изменения массы образцов при нагревании в воздухе: 1 – эпоксидного полимера без наполнителя; 2 – борной кислоты; 3 – эпоксидного полимера с концентрацией наполнителя 10 мас. %

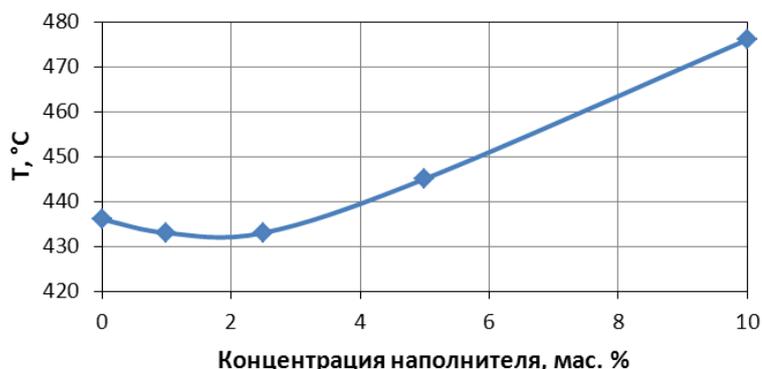


Рис. 2. Изменение температуры 50%-ной потери массы образцов в зависимости от концентрации наполнителя



Рис. 3. Изменение остаточной массы образцов при температуре 600 °С в зависимости от концентрации наполнителя

Температура 50%-ной потери массы увеличивается с ростом концентрации наполнителя и составляет для образца с концентрацией 10 мас. % 476,9 °С, что на 40,8 °С выше, чем для исходного эпоксидного полимера. Остаточная масса при температуре 600 °С для этого же образца на 20,4 % ниже по сравнению с исходным полимером. Увеличение выхода остатка по окончании термоокислительной деструкции свидетельствует также о снижении количества газообразных продуктов, образующихся при нагреве полимерных образцов.

По результатам термического анализа были определены также такие параметры деструкции как температура начала окисления $T_{н.ок.}$, температура, соответствующая максимальной скорости потери массы T_{max} , максимальная скорость деструкции v . Указанные параметры для трех стадий деструкции представлены в табл. 1. При введении наполнителя в эпоксидный полимер скорость деструкционного процесса замедляется.

Таблица 1. Параметры термоокислительной деструкции образцов эпоксидных композитов

Концентрация наполнителя, мас. %	$T_{н.ок.}$, °С	v_1 , мг/град.	T_{max1} , °С	v_2 , мг/град.	T_{max2} , °С	V_3 , мг/град.	T_{max3} , °С
0	249	0,049	272	0,027	415	0,059	503
1,0	249	0,050	269	0,032	407	0,081	496
2,5	252	0,049	274	0,034	415	0,068	483
5,0	254	0,032	280	0,026	422	0,064	498
10,0	251	0,025	279	0,017	422	0,042	505

Таким образом, в ходе исследования установлено, что введение высокодисперсных порошков борной кислоты в эпоксидный полимер влияет на параметры термоокислительной деструкции и зависит от концентрации борной кислоты. При нагревании эпоксидных композиций в воздухе до 1000 °С наблюдается увеличение выхода остатка и повышение температуры, при которой происходит 50 %-ная потеря массы. Эффективность борной кислоты как наполнителя для снижения горючести полимерных материалов в условиях проведенных экспериментов максимальна при содержании наполнителя 10 мас. %.

Работа выполнена с использованием оборудования научно-аналитического центра Томского политехнического университета.

Список литературы:

1. Брык М.Т. Деструкция наполненных полимеров. М.: Химия, 1989. – 192 с.
2. Кодолов В.И. Замедлители горения полимерных материалов. – М.: Химия, 1980. – 274 с.
3. Ю-Винг Май, Жонг-Жен Ю. Полимерные нанокомпозиты. М.: Техносфера. – 2011. – 688 с.
4. Павлова С.А., Журавлева И.В., Толчинский Ю.И. Термический анализ органических и высокомолекулярных соединений. – М.: Химия, 1983. – 144 с.

Исследование свойств модифицированного шивыртуйского цеолита

Фахртдинова О.А., Назаренко О.Б., Мартемьянов Д.В., Путенпуракалчир М.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Природные цеолиты относятся к группе каркасных алюмосиликатов, кристаллическая решетка которых пронизана системой полостей и каналов. Эти минералы обладают высокой ионообменной способностью и молекулярно-ситовыми свойствами. Подвижные катионы металлов (Са, К, Na и др.) могут свободно удаляться и поглощаться структурой цеолитов, благодаря чему они находят широкое применение в практике очистки сточных вод [1]. Особенности строения кристаллической решетки, специфика минерального состава позволяют использовать цеолиты в различных отраслях промышленности, в частности, в строительстве – в качестве активной минеральной добавки при производстве портландцементов [2]. Введение тонкодисперсного цеолита в огнетушащие порошковые составы способствует повышению их эффективности и эксплуатационных характеристик, а использование в качестве наполнителя вспенивающихся лакокрасочных материалов – к повышению огнезащитной эффективности покрытий [3].

При нагревании природных цеолитов происходит выделение адсорбированной воды в температурном диапазоне от 80 до 300 °С. Введение цеолитов в полимер в качестве наполнителя будет способствовать разбавлению горючих газов, выделяющихся при разложении полимера, и уменьшению скорости горения. Для значительного улучшения термической стойкости полимерных композиционных материалов представляет интерес использовать в качестве наполнителя модифицированные природные цеолиты.

Целью данной работы являлось исследование свойств природного цеолита Шивыртуйского месторождения, модифицированного нановолокнами оксигидроксида алюминия.

Наноразмерный оксигидроксид алюминия $AlO(OH)$ при введении в полимерную матрицу приводит к повышению механической прочности. При нагревании $AlO(OH)$ эндотермическая реакция его разложения с отщеплением воды происходит при температуре ~500 °С. Поэтому для снижения горючести полимеров с относительно низкой температурой начала разложения введение в полимер только оксигидроксида алюминия может быть неэффективным. Предполагается, что использование в качестве наполнителя полимеров модифицированных природных цеолитов приведет к интересным эффектам, вызывающим повышение как физико-механических характеристик композитов, так и термической стойкости.

Шивыртуйское месторождение природных цеолитов с запасами более 500 млн тонн расположено на юго-востоке Забайкальского края и является одним из самых крупных и перспективных месторождений России. Содержание цеолита колеблется от 15 до 95 %. Химический состав цеолитовой породы Шивыртуйского месторождения представлен в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав шивыртуйского цеолита

Компонент	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	MgO	K ₂ O	H ₂ O	FeO, TiO ₂ , P ₂ O ₅ , MnO
Содержание, %	64,3	13,9	1,24	2,16	1,55	1,36	2,38	12,08	1,03

По химическому составу исследуемая цеолитовая порода относится к высококремнеземистой, характеризуется высоким отношением Si/Al, общее содержание SiO₂ и Al₂O₃ составляет 78,2 %.

Исследование свойств модифицированного природного цеолита проводилось методами ИК-Фурье спектроскопии (Nicolet 5700), электронной микроскопии (ТМ-3000), термического анализа (совмещенный термоанализатор ТГА/ДСК/ДТА SDT Q600), низкотемпературной адсорбции азота (Сорбтометр М).

Площадь удельной поверхности немодифицированного шивыртуйского цеолита $S_{уд}$ составила 16,8 м²/г, удельный объем пор P – 0,007 см³/г.

Модифицирование природного цеолита проводили путем иммобилизации на его поверхности нановолокон оксигидроксида алюминия $AlO(OH)$, образующихся при нагревании и окислении субмикронных порошков алюминия водой при определенных условиях. Площадь удельной поверхности образца $AlO(OH)$ составляла 192 м²/г, а удельный объем пор – 0,083 см³/г. Содержание $AlO(OH)$ в образце модифицированного цеолита – 25 мас. %. Площадь удельной поверхности цеолита и удельный объем пор после модифицирования увеличились примерно в 5 раз.

С помощью метода ИК-Фурье спектроскопии (рис. 1) в исследуемом образце модифицированного шивыртуйского цеолита установлено наличие характерных для фазы клиноптилолита структурных групп. Наиболее интенсивная полоса поглощения ИК-спектра наблюдается при 1058 см^{-1} и соответствует асимметричным валентным колебаниям связей $\nu_{\text{as}}(\text{Si-O-Si})$ и $\nu_{\text{as}}(\text{Si-O-Al}(\text{Si}))$, а полоса поглощения 740 см^{-1} – симметричным валентным колебаниям этих связей. Полосы поглощения 442 и 482 см^{-1} относятся к деформационным колебаниям $\delta(\text{O-Si}(\text{Al})-\text{O})$ и $\delta(\text{O-Si-O})$. С наличием цеолитной воды связаны полосы поглощения в диапазоне от 3000 до 3800 см^{-1} : 3735 см^{-1} – полоса поглощения связанных водородной связью ОН-групп с кислородом каркаса $\nu(\text{OH})$; широкая полоса $3600 - 3200 \text{ см}^{-1}$ – полоса антисимметричных и симметричных валентных колебаний изолированных ОН-групп; 1626 см^{-1} – полоса деформационных колебаний молекул воды $\delta(\text{H-O-H})$.

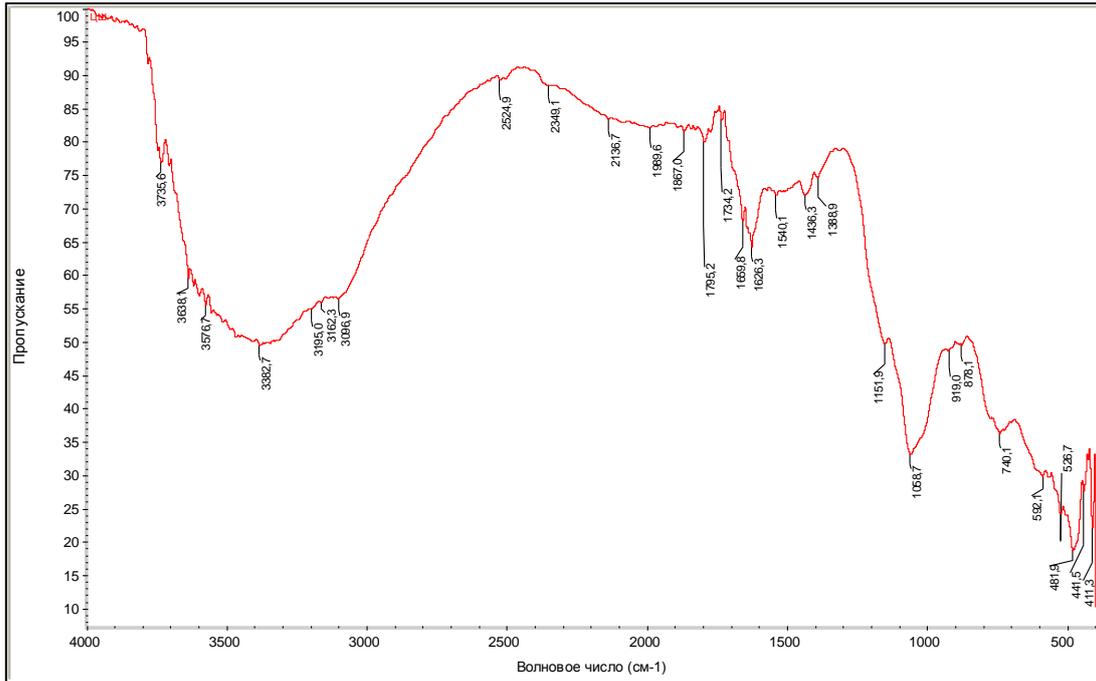


Рис. 1. ИК-спектр образца модифицированного шивыртуйского цеолита

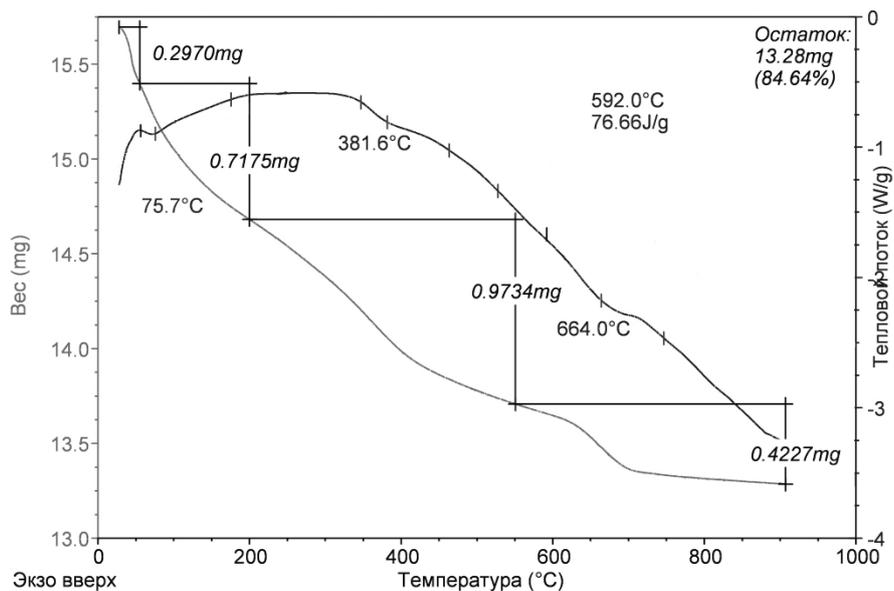


Рис. 2. Термограмма образца модифицированного шивыртуйского цеолита

Термическая устойчивость модифицированного шивиртуйского цеолита исследована с помощью термического анализа в режиме линейного нагрева со скоростью 10 °С/мин в атмосфере воздуха в диапазоне температур 20–900 °С (рис. 2). Зависимость дегидратации от температуры является плавной, что характерно для фазы клиноптилолита. Уменьшение массы при нагревании образца модифицированного цеолита до 900 °С составило 15,36 %, причем максимальное уменьшение содержания адсорбированной воды ~6,46 % наблюдалось в температурном диапазоне от 20 до 210 °С. Потеря массы 2,69 % в температурном интервале 560–700 °С связана с дегидратацией оксигидроксида алюминия. Сравнение величины остатка массы модифицированного и исходного образцов после нагрева до 900 °С позволило сделать вывод, что содержание оксигидроксида алюминия в модифицированном цеолите составляет примерно 25 %.

Таким образом, в ходе проведенных исследований были исследованы свойства шивиртуйского цеолита после иммобилизации на его поверхности нановолокон оксигидроксида алюминия. На основании изучения физико-химических свойств данного минерала можно предложить использовать модифицированный природный цеолит как пламягасящую добавку в полимеры.

Список литературы:

1. Тарасевич Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. – Киев: Наукова думка, 1981. – 207 с.
2. Смирнская В.Н. Цеолитсодержащие вяжущие повышенной водостойкости и изделия на их основе: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 1998. – 23 с.
3. Варков Р.И. Использование природных цеолитов для повышения пожарной безопасности строительных конструкций и технологического оборудования: Дис. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2002. – 161 с.

Исследование термической деструкции эпоксидных полимеров, наполненных высокодисперсными порошками борной кислоты

Амелькович Ю.А., Мельникова Т.В., Назаренко О.Б., Путенпуракалчир М.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Эпоксидные смолы обладают такими ценными свойствами как высокая адгезионная способность, хорошие механические и электроизоляционные свойства, благодаря которым они широко используются в авиа- и ракетостроении [1, 2]. В частности, эпоксидные клеи используются в авиационной промышленности и ракетной технике для крепления теплозащиты и изделий различного назначения. Температура эксплуатации таких узлов может достигать 2000–3000 °С. При этом известно, что основными недостатками эпоксидных полимерных материалов является низкая термостойкость и повышенная пожарная опасность. Поэтому создание эпоксидных композиционных материалов с пониженной горючестью является крайне актуальной проблемой.

Целью данной работы являлось исследование термической деструкции эпоксидных композитов, наполненных высокодисперсными порошками борной кислоты, при нагревании в инертном газе.

Для снижения горючести в полимерные материалы вводят наполнители – специальные добавки, приводящие к изменению характера процесса деструкции полимера при нагревании или блокированию процесса горения негорючими или ингибирующими веществами [3]. Борная кислота является одним из известных замедлителей горения [4] и используется для модифицирования изделий из древесины, бумаги, хлопка и целлюлозы. При нагреве полимера горение замедляется в результате эндотермической реакции выделения и испарения воды при разложении ортоборной кислоты H_3BO_3 с образованием метаборной кислоты HBO_3 , тетраборной кислоты $H_2B_4O_7$ и оксида бора B_2O_3 . Образующаяся на поверхности материала защитная пленка из оксида бора может способствовать снижению потока тепла от источника тепла и поступления кислорода.

В работе использована эпоксидиановая смола ЭД-20, в качестве наполнителя – высокодисперсный порошок борной кислоты. Отверждение эпоксидной смолы проводилось с помощью гексаметилендиамина. Концентрация наполнителя в композициях составляла 1; 2,5; 5 и 10 мас. %. Образцы исследованы методами термического анализа (совмещенный термоанализатор ТГА/ДСК/ДТА SDT Q600), ИК-Фурье спектроскопии (Nicolet 5700) и сканирующей электронной микроскопии (ТМ-3000).

По данным электронной микроскопии (рис. 1) частицы порошка борной кислоты представляют собой чешуйчатые кристаллы, состоящие из плоских слоев толщиной приблизительно 100 нм. Анализ дисперсного состава показал, что 45 % частиц порошка имеют размер менее 20 мкм.

На основе анализа ИК-спектров можно сделать вывод, что борная кислота является аддитивным антипиреном, т. к. внедрения в молекулы полимера не происходит. На ИК-спектрах исходной эпоксидной смолы и наполненных полимерных образцов наблюдаются полосы поглощения при 913, 773 и 752 см^{-1} , соответствующие эпоксидной группе [1, 5], а также полосы поглощения при 2261, 2929 и 3052 см^{-1} , характерные для борной кислоты, интенсивность которых возрастает с увеличением содержания наполнителя.

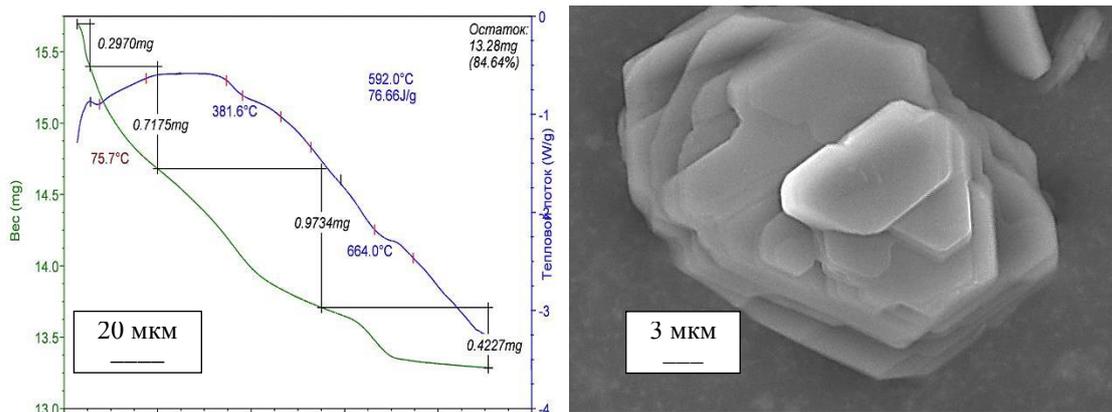


Рис. 1. Микрофотографии порошка борной кислоты

Особенности термической деструкции эпоксидных композитов исследованы с использованием методов термического анализа – термогравиметрического метода (ТГ) и дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК) в режиме линейного нагрева со скоростью 10 $^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ в атмосфере аргона в диапазоне температур 20–1000 $^{\circ}\text{C}$. На рис. 2 представлены термограммы исходной эпоксидной смолы и образца с концентрацией борной кислоты 10 мас. %.

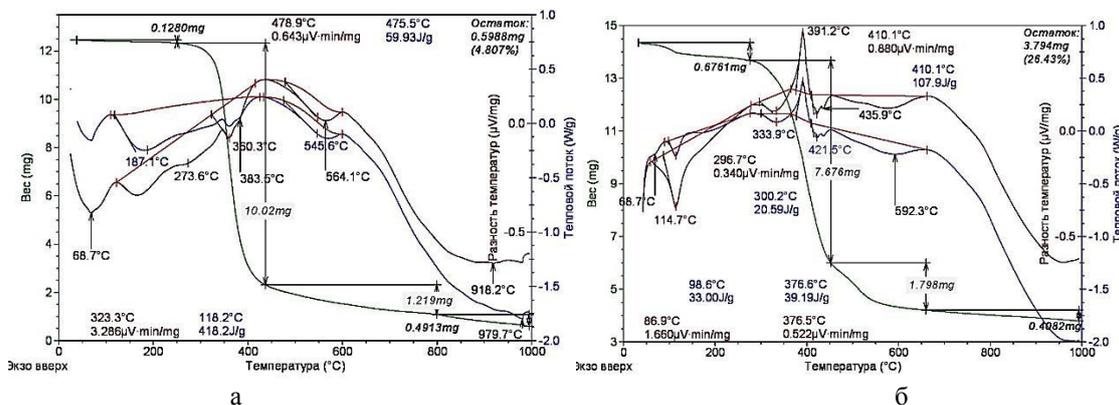


Рис. 2. Термограммы образцов эпоксидных полимеров: а – без наполнителя; б – с наполнителем (концентрация наполнителя 10 мас. %)

По ТГ-кривым были определены температуры фиксированных потерь масс образцов при нагревании – 5, 10, 20, 30 и 50 % и потери массы при фиксированных значениях температуры – 100, 200, 300, 400, 500 и 600 $^{\circ}\text{C}$. Результаты этих исследований представлены в табл. 1 и 2, соответственно.

Процесс термической деструкции исследуемых образцов происходит в несколько стадий. Введение наполнителя положительно влияет на термостойкость наполненных образцов. С увеличением концентрации наполнителя растет как остаточная масса образцов при фиксированных температурах, так и температура, соответствующие фиксированным потерям

массы. Лучшие результаты получены для образца с концентрацией наполнителя 10 мас. %. Согласно данным табл. 1 и 2 температура 50%-ной потери массы для образца с содержанием наполнителя 10 мас. % на 57,6 °С выше, чем для исходного эпоксидного полимера. Потеря массы при температуре 1000 °С для этого же образца на 21,6 % ниже по сравнению с исходным полимером. Борная кислота при нагреве разлагается с выделением воды. Реакция разложения борной кислоты происходит в две стадии, которые начинаются при температурах 110 и 150 °С и заканчивается при 400 °С. Реакция разложения борной кислоты является эндотермической, что приводит к охлаждению полимерной матрицы.

Таблица 1. Остаточная масса образцов при различных температурах, %

T, °C \ C, мас. %	100	200	300	400	500	600	1000
0	99,6	99,3	97,3	25,0	15,4	12,3	4,8
1,0	99,3	98,8	96,5	27,4	13,9	11,8	9,1
2,5	99,4	98,8	96,7	39,5	21,1	17,9	15,2
5,0	98,9	97,9	95,9	48,9	28,2	23,6	20,4
10,0	98,4	96,3	94,3	63,4	36,5	30,1	26,4

Таблица 2. Значения температуры при фиксированных потерях массы, °С

Δm, % \ C, мас. %	5	10	20	30	50
0	319,0	335,1	347,0	354,1	367,7
1,0	312,1	332,0	348,5	357,8	372,8
2,5	315,6	338,1	355,9	347,9	387,7
5,0	309,7	338,7	359,6	371,8	397,9
10,0	286,3	334,8	369,2	389,5	425,3

Таким образом, исследование термической деструкции эпоксидных полимеров, модифицированных высокодисперсными порошками борной кислоты, показало, что влияние борной кислоты на показатели термической деструкции зависит от концентрации наполнителя. При нагревании эпоксидных композиций до 1000 °С наблюдалось увеличение выхода остатка по окончании деструкции, а также повышение температур, при которой происходит фиксированная потеря массы образцов. Это свидетельствует о положительном влиянии наполнителя на течение процесса термической деструкции и эффективности введения борной кислоты в качестве добавки в эпоксидную смолу для снижения горючести.

Список литературы:

1. Ли Х., Невилл К. Справочное руководство по эпоксидным смолам. – М.: Энергия, 1973. – 415 с.
2. Чернин И.З., Смехов Ф.М., Жердев Ю.В. Эпоксидные полимеры и композиции. – М.: Химия, 1982. – 232 с.
3. Брык М.Т. Деструкция наполненных полимеров. М.: Химия, 1989. – 192 с.
4. Кодолов В.И. Замедлители горения полимерных материалов. – М.: Химия, 1980. – 274 с.
5. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. – М.: Мир, 1965. – 216 с.

Получение образцов материалов методом электроискрового диспергирования и исследование их свойств

*Немцова О.А., Лемачко А.Н., Мартемьянов Д.В., Мухортова Ю.Р. Журавков С.П.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

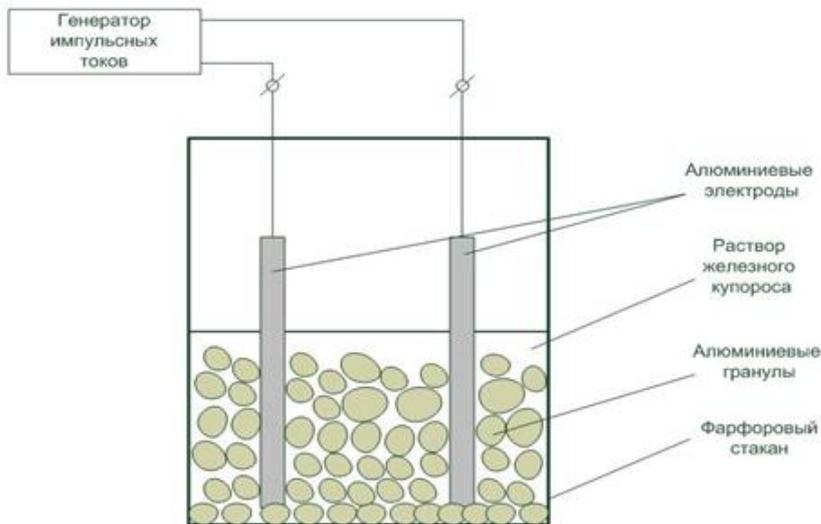
Одной из важных проблем, стоящих сегодня перед обществом, является обеспечение населения чистой питьевой водой [1, 2]. Среди различных методов водоочистки, в последнее время всё большее распространение получает использование новых видов наноструктурных сорбционных материалов [3-5]. Среди различных видов загрязнений гидросферы, особую роль

играют тяжёлые металлы [6, 7]. Присутствующие в воде ионы тяжёлых металлов имеют высокую токсичность и при попадании в клетки живых организмов они способны к биоаккумуляции, с дальнейшей биомагнификацией. Поэтому очистка водных сред от соединений тяжёлых металлов является чрезвычайно важным процессом, а создание новых видов наноструктурных сорбентов, для удаления тяжёлых металлов из воды, имеет актуальное значение.

Существуют различные методы получения образцов наноструктурных материалов, такие как: золь-гель процесс, электроискровое диспергирование, электровзрыв [8]. Далее, полученные наноструктурные материалы можно использовать в создании сорбционных материалов. Подробнее рассмотрим метод электроискрового диспергирования, при получении наноструктурных материалов, с целью дальнейшего их использования в сорбционных процессах. Подтверждение того, что образцы материалов, полученные данным методом, находятся именно в наноструктурном состоянии, отражено в следующих работах [9-10].

Целью данной работы явилось исследование физико-химических и сорбционных свойств образцов наноструктурных материалов на основе алюминия и железа, полученных методом электроискрового диспергирования для очистки водных растворов от ионов цинка (Zn^{2+}) и меди (Cu^{2+}).

На рисунке 1 представлена схема экспериментальной установки для получения исследуемых образцов, состоящей из фарфорового стакана ($V = 1 \text{ дм}^3$), в который помещались алюминиевые электроды, металлическая загрузка, рабочая жидкость. Под действием импульсов электрической энергии между гранулами Al, находящимися в межэлектродном промежутке, возникает множество микроударов, вызывающих эрозию гранул. Напряжение подаваемое на электроды было в диапазоне $U = 500 \text{ В}$, с частотой $f = 400 \text{ Гц}$. В качестве электродов использовались стержни из алюминиевой проволоки диаметром 0,4 см. Расстояние между электродами составляло 10 см. Металлическая загрузка представляла алюминиевые гранулы диаметром 0,3 – 0,5 см, массой 100 г. Рабочей жидкостью, при получении образца №1, являлась дистиллированная вода. В экспериментах по получению образцов №2, №3, №4, в качестве рабочей жидкости использовали водные растворы, содержащие 1 г, 2 г и 3 г железосодержащего реагента соответственно. Объём используемой рабочей жидкости 500 см^3 . В качестве железосодержащего реагента использовали сульфат железа ($FeSO_4$). Время обработки рабочего раствора импульсными электрическими разрядами составляло 5 минут. Образцы получены в виде коллоидного раствора,



далее производилось отстаивание и выпаривание рабочей жидкости (воды), до получения порошкообразной массы.

Рисунок 1. Схема получения исследуемых образцов методом электроискрового диспергирования

Для оценки структурных характеристик полученных образцов наноструктурных материалов использовали

метод тепловой десорбции азота. По данным измерения оценивали величину площади удельной поверхности ($S_{уд}$) и значения удельного объема пор (P) образцов с использованием анализатора «СОРБОМЕТР М».

Сорбция ионов Zn^{2+} , Cu^{2+} проводилась в статическом режиме, с использованием магнитной мешалки, при скорости вращения до 200 об/мин. Для проведения эксперимента брали навеску исследуемого образца массой (m) 0,2 г, помещали её в стеклянный стакан (100 см^3), заливали 20 см^3 раствора (V) с начальной концентрацией (C_0) $Cu^{2+} = 10 \text{ мг/дм}^3$ и (C_0) $Zn^{2+} = 5 \text{ мг/дм}^3$. Модельные растворы готовили на дистиллированной воде с использованием ГСО состава растворов ионов цинка и меди. Процесс осадительной сорбции для исследуемого образца проводили при времени контакта 60 минут. После проведения процесса сорбции, раствор отделяли

от сорбента центрифугированием при 10000 об/мин. и определяли равновесные концентрации адсорбатов (C_p). Концентрации ионов Zn^{2+} , Cu^{2+} , определяли методом инверсионной вольтамперометрии [11].

В таблице 1 представлены некоторые физико-химические параметры исследуемых образцов материалов: удельная поверхность и удельный объем пор.

Таблица 1. Физико-химические характеристики наноструктурных материалов

Образец	$S_{уд}, м^2/г$	$P, см^3/г$
№ 1	47,1	0,02
№ 2	109,4	0,047
№ 3	148,8	0,064
№ 4	155,4	0,067

Как видно из таблицы 1, с увеличением железосодержащего компонента в образце исследуемого материала, наблюдается увеличение удельной поверхности и удельного объема пор.

Сорбционные характеристики исследуемых образцов материалов, при очистке модельных растворов от ионов Zn^{2+} , Cu^{2+} , в процессах статической сорбции, представлены в таблице 2.

Таблица 2. Адсорбционные характеристики исследуемых образцов материалов

Образец	Элемент	Концентрация элемента в растворе до сорбции, мг/дм ³	Концентрация элемента в растворе после сорбции, мг/дм ³	Степень сорбции, %
№ 1	Zn^{2+}	5	1,8	64
	Cu^{2+}	10	7,7	23
№ 2	Zn^{2+}	5	3	39,2
	Cu^{2+}	10	7,2	27,5
№ 3	Zn^{2+}	5	2,8	43,6
	Cu^{2+}	10	6,7	33
№ 4	Zn^{2+}	5	3,4	32
	Cu^{2+}	10	2,9	71,2

Из приведенных в таблице 2 экспериментальных результатов видно, что при проведении сорбции ионов меди из растворов, степень очистки воды возрастает с увеличением железосодержащего компонента в образце. Сорбционная эффективность при извлечении ионов цинка из раствора, показывает обратную зависимость. Образец № 1, содержащий соединения алюминия, без добавок соединений железа, показывает лучшую сорбционную способность. При добавлении же железосодержащего компонента в образцы (№ 2, № 3, № 4), наблюдается снижение сорбционной эффективности тестируемых материалов применительно к извлечению ионов цинка из раствора.

Выводы

1. Получены образцы материалов, обладающие сорбционной способностью по отношению к ионам Zn^{2+} и Cu^{2+} .
2. Обнаружено, что присутствие в рабочей жидкости солей железа, позволяет увеличить величину удельной поверхности образцов, при этом сорбционная эффективность по отношению к ионам Cu^{2+} возрастает, а по отношению к ионам Zn^{2+} ухудшается.

Список литературы:

1. Фрог Б. Н., Левченко А. П. Водоподготовка. – М.: МГУ, 1996. – 680 с.
2. Черняев А. М., Дальков М. П., Розенберг Г. С. и др. Вода России. Речные бассейны. – Екатеринбург: «АКВА-ПРЕСС», 2000. – 536 с.
3. Мартемьянов Д. В., Короткова Е. И., Галанов А. И. Сорбционные материалы нового поколения для очистки водных сред от микробиологических загрязнений // Вестник Карагандинского университета. 2012. № 3. – С. 61-65.

4. Мартемьянов Д. В., Галанов А. И., Юрмазова Т. А., Короткова Е. И., Плотников Е. В. Сорбция ионов As^{3+} , As^{5+} из водных растворов на вермикулитобетоне и газобетоне модифицированных оксигидроксидом железа // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2014. Том 57. Вып. 11. – С. 30-33.
5. Мартемьянов Д. В., Галанов А. И., Юрмазова Т. А. Определение сорбционных характеристик различных минералов при извлечении ионов As^{3+} , Cr^{6+} , Ni^{2+} из водных сред // Фундаментальные исследования № 8 (часть 3), 2013 год. С. 666-670.
6. Фекленко А. Ю. Тяжёлые металлы и их опасность // Экологический Вестник России. 2010. - № 5. - С. 26.
7. Байдина Н. Л. Инактивация тяжелых металлов гумусом и цеолитами в техногеннозагрязненной почве // Почвоведение. – 1994. – №9. – С. 121 – 125.
8. Журавков С. П., Плотников Е. В., Мартемьянов Д. В., Яворовский Н. А., Xasse U., Zander S. Изучение свойств наноразмерных частиц серебра, полученных электроимпульсным методом // Известия вузов. Физика, 2013. - Т. 56. - № 7/2. с. 141-145.
9. Plotnikov Evgenii, Zhuravkov Sergey, Gapeyev Andrew, Plotnikov Vladimir, Martemiyarov Dmitry Investigation of Genotoxicity of Gold Nanoparticles Prepared by the Electric Spark Dispersion Method // Advanced material research. Volume 1040 P. 65-70. ISSN print 1022-6680, ISSN cd 1022-6680, ISSN web 1662-8985.
10. Zhuravkov Sergey, Plotnikov Evgeny, Martemiyarov Dmitry, Yavorovsky Nikolay, Hasse Ulrich, Zander Stefan Properties of Silver Nanoparticles Prepared by the Electric Spark Dispersion Method // Advanced material research. Vol. 872 (2014), P. 74-78. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.872.74.
11. Скачков В. Б., Ластенко Н. С., Иванов Ю. А., Хустенко Л. А., Назаров Б. Ф., Заичко А. В., Иванова Е. Е., Носова Г. Н., Толмачёва Т. П. Измерение массовой концентрации химических веществ методом инверсионной вольтамперометрии: Сборник методических указаний. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – С. 271.

Состав и свойства электровзрывных нанопорошков меди после длительного хранения

Амелькович Ю.А., Назаренко О.Б., Сечин А.И., Фрянова К.О.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

Нанопорошки (НП) меди благодаря своим уникальным свойствам являются перспективными материалами для их применения в качестве катализаторов [1], для получения высокотемпературной сверхпроводящей керамики [2] и электропроводящих клеев [3], в медицине [4]. Одним из методов получения НП меди является электрический взрыв проводников (ЭВП), в процессе которого под действием импульсного электрического тока большой плотности происходит диспергирование материала проводника и формирование нанодисперсных порошков. Чтобы избежать разогрева и спекания НП металлов после их получения в среде инертных газов проводится операция пассивирования медленным контролируемым напуском воздуха в разрядную камеру. При этом на частицах формируется защитная оксидная оболочка. Пассивированные НП металлов относительно устойчивы к окислению при хранении [5].

Нанодисперсные металлы в производственном цикле подвергаются действию таких факторов как тепло, влага и др. Происходящие при этом физико-химические превращения могут привести к изменению функциональных свойств наноматериалов, а также стать причиной пожара или взрыва. Поэтому проблеме обеспечения безопасности нанодисперсных металлов необходимо уделять внимание. В данной работе исследован фазовый состав, морфология и термическая устойчивость НП меди после длительного хранения. НП меди были получены в ООО «Передовые порошковые технологии» методом электрического взрыва медных проводников в среде аргона и углекислого газа и хранились 10 лет. Изучение свойств проводилось методами рентгенофазового (дифрактометр Shimadzu XRD-7000) и термического (термоанализатор ТГА/ДСК/ДТА SDT Q600) анализа, просвечивающей электронной микроскопии (JEM-2100F), ИК-спектроскопии (ИК-Фурье спектрометр Nicolet 5700).

Согласно данным рентгенофазового анализа (РФА) в составе исследуемых порошков присутствуют кристаллические фазы металлической меди и оксиды меди Cu_2O и CuO . В то же время известно, что для свежеполученных электровзрывных медных НП характерно наличие аморфных оксидных соединений в поверхностном слое [6]. В образце НП меди, полученном в

среде углекислого газа, по результатам РФА содержится больше оксида меди CuO , чем в образце, полученном в аргоне.

На рис. 1 представлены фотографии НП меди, полученные с помощью просвечивающего электронного микроскопа. Частицы порошков нанодисперсной фракции имеют рыхлую поверхность. В то же время известно, что частицы свежеполученных НП меди имеют гладкую поверхность и сферическую форму [17]. Очевидно, нанодисперсная фракция НП меди окислилась почти полностью при длительном хранении.

На рис. 2 представлены зависимости изменения массы (ТГ) исследуемых образцов и тепловых эффектов (ДСК) при неізотермическом нагреве в воздухе до $1000\text{ }^\circ\text{C}$. В интервале температур $20\text{--}200\text{ }^\circ\text{C}$ на кривой ТГ наблюдается десорбция газов и паров воды с поверхности частиц и уменьшение массы. Это сопровождается эндотермическим эффектом, заметным на кривой ДСК, с минимумом при $52,6\text{ }^\circ\text{C}$ для НП меди (Ar) и $65,7\text{ }^\circ\text{C}$ для НП меди (CO_2). Затем при температуре $183\text{ }^\circ\text{C}$ для НП меди (Ar) и $234\text{ }^\circ\text{C}$ для НП меди (CO_2) происходит резкое увеличение массы и выделение теплоты вследствие окисления. На кривой ДСК зафиксировано два максимума при 225 и $321\text{ }^\circ\text{C}$ для образца НП меди (Ar), и при 267 и $328\text{ }^\circ\text{C}$ для НП меди (CO_2). При окислении НП меди происходит последовательное образование оксидов Cu_2O и CuO .

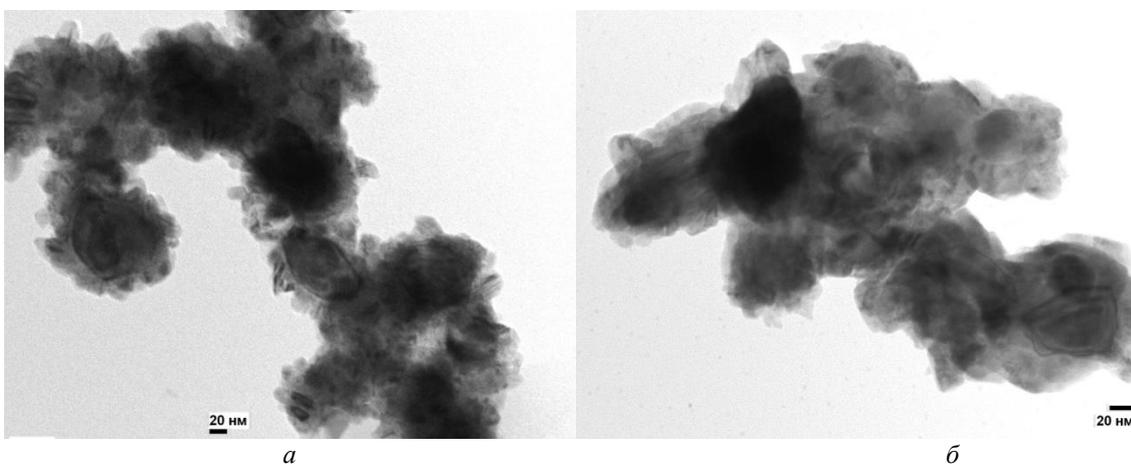


Рис. 1. Микрофотографии НП меди, полученных при ЭВП в аргоне – а; углекислом газе – б

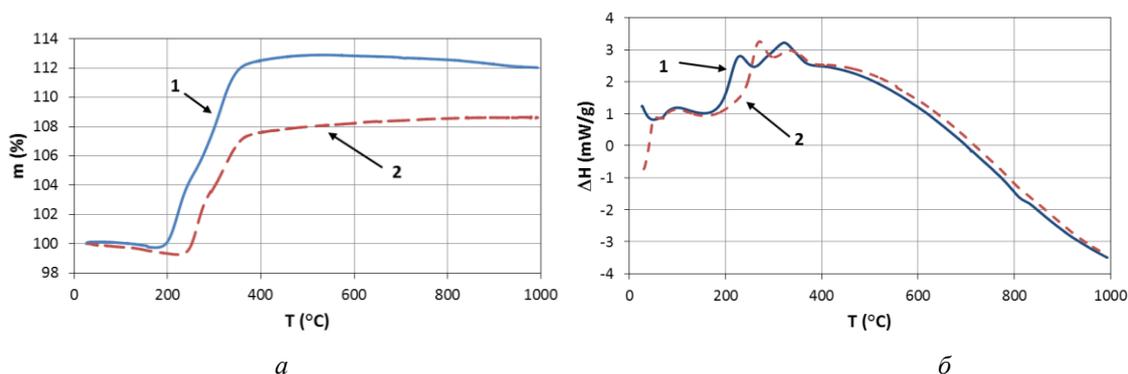


Рис. 2. Зависимости изменения массы образцов (а) и тепловых эффектов (б) при нагревании в воздухе НП меди, полученных при ЭВП в аргоне – 1; углекислом газе – 2

Масса образца НП меди (Ar) при нагревании до $1000\text{ }^\circ\text{C}$ увеличилась на $13,8\%$, а образца НП меди (CO_2) – на $9,4\%$. Удельные тепловые эффекты при окислении составили $904,7$ и $750,4$ Дж/г, соответственно.

Состояние и состав поверхностного оксидного слоя частиц НП меди изучено с помощью метода ИК-Фурье спектроскопии.

В ИК-спектре образца НП меди (Ar) наблюдаются полосы поглощения, обусловленные валентными колебаниями $\nu\text{Cu(II)-O}$ оксида меди CuO и $\nu\text{Cu(I)-O}$ оксида Cu_2O [7]. В ИК-спектре образца НП меди (CO_2) также наблюдаются характерные для оксидов меди CuO и Cu_2O . В результате сорбции углекислого газа на поверхности частиц образцов образуются карбонатные

структуры с характерными полосами поглощения, а также полосы поглощения адсорбированных молекул CO_2 . Валентными колебаниями молекул воды и структурных гидроксильных групп обусловлены многочисленные малоинтенсивные полосы поглощения в области $3800\text{--}3000\text{ см}^{-1}$.

Таким образом, в ходе проведенных исследований изучены особенности фазового состава, морфологии нанодисперсных порошков меди и их устойчивости к окислению после хранения в течение 10 лет. НП меди, полученный в углекислом газе, более окислен, чем образец, полученный в аргоне. Термическая устойчивость порошков в результате окисления при длительном хранении повышается, но меняется состав и функциональные свойства порошков, что следует учитывать при организации технологического процесса.

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП ТПУ.

Список литературы:

1. Федущак Т.А., Седой В.С., Ермаков А.Е. и др. Нанопорошки металлов как активные каталитические компоненты и сорбенты для удаления сернистых соединений из дизельных фракций нефти // Наносистемы, наноматериалы, нанотехнологии. – 2009. – Т. 7. – № 1. – С. 205–214.
2. Хасанов О.Л. Методы изготовления и свойства ВТСП-керамики на основе ультрадисперсных порошков // Известия Томского политехнического университета. – 2003. – Т. 306. – № 3. – С. 61–66.
3. Еременко Н.К., Пух А.Н., Образцова И.И., Сименюк Г.Ю. Композиционные материалы на основе нанопорошков меди для электроники // Нанотехника. – 2006. – № 2. – С. 30–32.
4. Рахметова А.А., Алексеева Т.П., Богословская О.А. и др. Ранозаживляющие свойства наночастиц меди в зависимости от их физико-химических характеристик // Российские нанотехнологии. – 2010. – № 3–4. – С. 102–107.
5. Громов А.А., Хабас Т.А., Ильин А.П. и др. Горение нанопорошков металлов. – Томск: Дельтаплан, 2008. – 382 с.
6. Коршунов А.В., Ильин А.П. Особенности окисления нанопорошков меди при нагревании в воздухе // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 313. – № 3. – С. 5–13.
7. Накамото К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений. – М.: Мир, 1991. – 536 с.

Разработка солнечного трекера и акрилового концентратора

Петрусёв А.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Целью данной работы является реализация наиболее эффективных способов повышения интегрального коэффициента полезного действия возобновляемых источников энергии на базе солнечных электростанций.

Тема работы актуальна в рамках реализации программ по Критическим технологиям федерального уровня приоритетных направлений России. Солнечные станции имеют невысокую эффективность преобразования солнечной энергии в электрическую в течение дня, которая зависит не только от собственного КПД солнечных элементов (который для стандартных панелей лежит в пределах 14–18%), но и от положения солнца относительно солнечных панелей. Наиболее же важным фактором, ограничивающим распространение солнечных станций, является их высокая стоимость – порядка 2–3\$ за удельный Ватт мощности в странах СНГ.

Предлагается снижение удельной стоимости солнечных станций за счёт концентрации лучистой энергии за счёт концентраторов, что позволит снизить количество используемых для создания номинальной мощности фотоэлементов. Для ориентации концентратора следует использовать трекер. Мы предлагаем одноосный солнечный трекер и акриловый концентратор, которые имеют ряд преимуществ перед своими аналогами.

Перед началом их разработки были проведены теоретические и экспериментальные исследования. Рассчитана зависимость достигающей фотоэлементов солнечной радиации от угла падения на солнечную панель лучей. Её график изображён на рисунке 1.

При расчёте учитывались такие характеристики, как общая площадь падения, коэффициент отражения материалов, фоновое излучение. На основе вышеуказанных

зависимостей получено, что солнечная панель вырабатывает приблизительно на 40% меньше энергии из-за движения солнца по высоте и азимуту в течение дня.

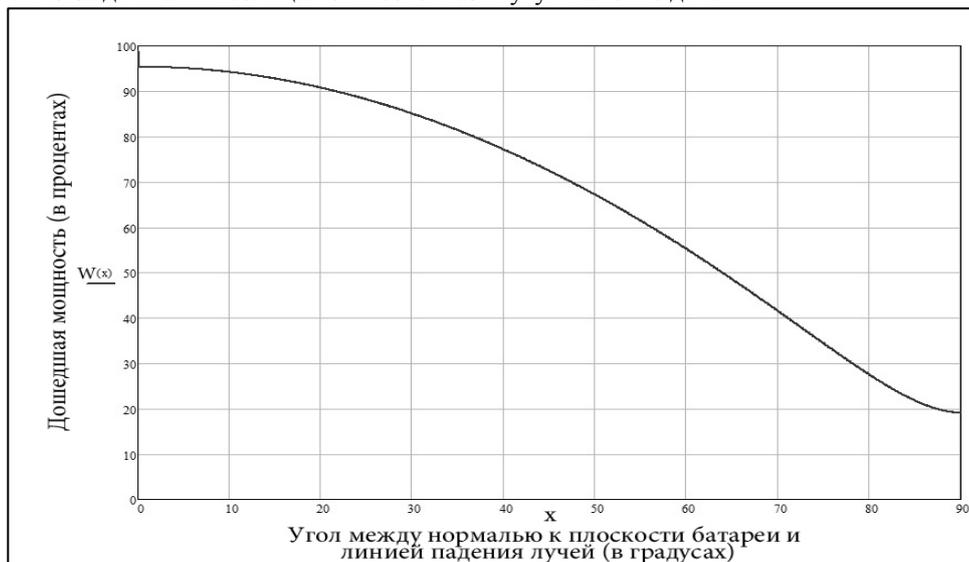


Рис. 1. Зависимость мощности батареи от угла падения на неё лучей

Основным и наиболее эффективным способом увеличения мощности солнечных установок при как можно меньшем увеличении цены всей системы является установка концентратора. Концентратор – это устройство, собирающее солнечную энергию с большей площади и направляющее её на меньшую, тем самым позволяя генерировать ту же мощность при меньшем количестве используемых фотоэлементов, которые составляют основную долю стоимости солнечных систем. Предлагается использование уникального акрилового концентратора. Он представляет собой лист оргстекла толщиной всего около 1 сантиметра со специальной внутренней и внешней структурой. Благодаря ней лучи, падающие на поверхность концентратора, многократно преломляются до достижения одного из его торцов. В связи с отношением площади приёмной поверхности концентратора к одному торцу как 1 к 14, достигается 7ми кратная концентрация и КПД порядка 75%, связанный с потерями энергии при поглощении излучения материалом концентратора и частичном отражении излучения на каждой границе материалов. Геометрическая эффективность лучей, доходящих до фотоэлементов на торцах, рассчитывалась методом Монте-Карло в программе ZEMAX. КПД посчитан теоретически и подтверждён экспериментально. Концентратор имеет маленький вес и объём, имеет большую диаграмму направленности на солнце и не требует мощных систем охлаждения, позволяя обойтись пассивными радиаторами.

Но даже при эффективной работе концентратора в пределах от -30 до +30 градусов отклонения солнца по высоте, необходима его периодическая ориентация по азимуту. К тому же и обычные солнечные панели в течение дня вырабатывают примерно на 40% меньше энергии, как было указано ранее, в сравнении с тем, если бы солнечные лучи постоянно падали на них отвесно. Поэтому необходимо наличие солнечного трекера – устройства, периодически поворачивающего концентратор или солнечную панель на солнце.

Мы предлагаем одноосевой активный солнечный трекер. Принцип его действия основан на аналогово-цифровом сигнале платы управления, которая позволяет отказаться от использования микроконтроллеров и шаговых двигателей, позволяя снизить цену системы и упростить её, сохраняя качество и надёжность.

Разработана опытная модель установки в уменьшенном масштабе.

На трекер также установлены концевые выключатели на основе оптопары, ограничивающие угол поворота установки, что предотвращает наматывание и излом проводов.

Использование трекера позволяет увеличить эффективность работы на 30-35% для солнечных батарей и в несколько раз для концентратора. Применение же концентратора и трекера одновременно позволяет снизить стоимость солнечной энергии более чем в 2 раза. Основные конкурентные преимущества предлагаемого трекера в сравнении с аналогами в России и странах СНГ приведены в таблице 1.

Таблица 1. Конкурентные преимущества трекера

-----	Угол поворота	Цена для 3,5 кВт батарей	Увеличение мощности	Регулировка вручную	Сервисное техническое обслуживание
Наша продукция	Более 200 градусов	\$3 тыс.	32%	имеется	Дешёвое, доступное, раз в 2 года
«Энергия Дисижн» (Челябинск, Омск), ED1500	150 градусов	\$7,8 тыс.	28%	отсутствует	Дорогое, раз в 2 года
«Flagma» (Санкт-Петербург) NS-1000	150 градусов	\$9,5 тыс.	28%	отсутствует	Дорогое, раз в 2 года
«Байкал-Энергия» (Иркутск)	120 градусов	\$9,4 тыс.	26%	отсутствует	Дорогое, раз в 2 года
«Солнечные батареи» (Украина)	180 градусов	\$7,2 тыс.	30%	отсутствует	Дорогое, ежегодно
«SAT Control» (Словения) ST40M2V3P	100 градусов	\$4 тыс.	20%	имеется	Дорогое, Раз в 2 года

На данный момент при грантовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере ведётся работа по созданию установки мощностью 200Вт. Приобретены 2 солнечных модуля мощностью 100Вт из Зеленограда. Их эффективность проверена на тестовом лабораторном стенде Научно-исследовательского института полупроводниковых приборов, который способен генерировать стандартную мощность 1000Вт/м². Собран каркас для закрепления солнечных панелей, на котором имеется возможность менять угол наклона панелей от 40 до 60 градусов, что позволит увеличить эффективность сбора энергии в разные времена года. Ведётся работа по сбору механизма вращения трекера.

Заключение: проведена НИР в области повышения эффективности солнечных установок, подтвердившая целесообразность предлагаемых решений. Ведутся ОКР в этом направлении.

Извлечение ионов тяжёлых металлов из водных растворов каталитическим материалом

*Плотников Е.В., Мартемьянова И.В., Мартемьянов Д.В., Вахрушев Е.В. *,
Воронова О. А.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
ООО «МФО Компоненты», г. Томск, Россия

Проблема обеспечения населения чистой питьевой водой является крайне острой [1]. Особую роль, среди загрязнений находящихся в гидросфере, играют тяжёлые металлы [2-4]. Немаловажную роль в категорировании тяжелых металлов играют следующие условия: их высокая токсичность для живых организмов в относительно низких концентрациях, а также способность к биоаккумуляции, с дальнейшей их биомагнификацией [5]. Поэтому очистка воды от соединений тяжёлых металлов является актуальной задачей.

На сегодня, используют различные способы для очистки воды от соединений тяжёлых металлов, такие как: реагентная обработка, обратноосмотическая очистка, сорбция, ионный обмен и т. д. Кроме перечисленных способов имеет место использование каталитических сорбентов, но они, как правило, применяются для очистки подземных вод от растворённых в них железа и марганца [6, 7]. Представляет определённый интерес работа над определением сорбционных характеристик каталитических сорбентов в отношении других ионов тяжёлых металлов.

Целью данной работы явилось исследование сорбционных свойств каталитического сорбента МФО-47 (патент RU 2275335 С2, МПК C02F1/64), при извлечении из водных растворов ионов Cd²⁺, Pb²⁺ [8].

Исследования проводили на образцах каталитического сорбента МФО-47 с размером гранул 0,7 – 2 мм. Сорбент представляет собой зернистый материал с цветовой гаммой от коричневого до чёрного. Насыпную плотность исследуемого сорбента определяли с использованием метода определения насыпной плотности уплотнённых сыпучих материалов, по ГОСТ Р 50485-93.

Для оценки структурных характеристик природных цеолитов использовали метод тепловой десорбции азота. По данным измерения оценивали площадь удельной поверхности ($S_{уд}$) и значения удельного объема пор (P) образцов с использованием анализатора «СОРБТОМЕТР М».

Сорбция ионов Cd^{2+} , Pb^{2+} проводилась в статическом режиме, с использованием магнитной мешалки, при скорости вращения до 200 об/мин. Для проведения эксперимента брали навеску исследуемого образца массой (m) 1 г, помещали её в стакан (100 мл), заливали 100 мл раствора (V) с начальной концентрацией (C_0) 1 мг/дм³. Модельные растворы готовили на бидистиллированной воде с использованием ГСО состава растворов ионов кадмия, свинца. Процесс осадительной сорбции для исследуемого образца проводили при времени контакта: 5, 60 и 150 минут. После проведения процесса сорбции, адсорбат отфильтровывали от сорбента на бумажном фильтре «синяя лента». Конечные концентрации ионов Cd^{2+} , Pb^{2+} , определяли методом инверсионной вольтамперометрии [9].

В табл.1 представлены некоторые физико-химические параметры исследуемого образца каталитического сорбента: насыпная плотность, удельная поверхность и удельный объем пор.

Таблица 1. Физико-химические характеристики каталитического сорбента

Образец	Насыпная плотность, г/см ³	$S_{уд}$, м ² /г	P , см ³ /г
МФО-47	1,25	4,392	0,002

Как видно из таблицы 1, каталитический материал МФО-47 обладает малой удельной поверхностью и низким удельным объёмом пор.

В работе определена эффективность извлечения ионов Cd^{2+} , Pb^{2+} из водных растворов, с помощью каталитического сорбента МФО-47. В табл. 2, приведены адсорбционные характеристики сорбента МФО-47, при извлечении ионов Cd^{2+} , Pb^{2+} .

Таблица 2. Адсорбционные характеристики материала МФО-47

Элемент	Время контакта, мин.	Концентрация элемента в растворе до сорбции, мг/дм ³	Концентрация элемента в растворе после сорбции, мг/дм ³	Степень сорбции, %
5	Cd^{2+}	1	0,606	39,4
			0,397	60,3
			0,378	62,2
Pb^{2+}	0,038		96,2	
	0,00922		99	
	0,00534		99,4	

Согласно приведенным сорбционным данным в таблице 2, мы видим, что по кадмию происходит очистка раствора каталитическим материалом при всех временных показателях, но при 60 минутах сорбционная способность загрузки практически останавливается. При извлечении свинца из водного раствора при помощи исследуемой каталитической загрузки, материал показывает высокую очистительную способность раствора, как при малом, так и при большом времени контакта.

По результатам проведённой работы можно сделать вывод о возможности использования каталитического сорбента МФО-47, для очистки водных сред от таких элементов тяжёлых металлов, как Cd^{2+} и Pb^{2+} .

Выводы

1. По результатам проведённой работы, определены насыпная плотность, удельная поверхность и удельный объем пор исследуемого каталитического сорбента МФО-47.
2. Исследованы адсорбционные свойства каталитического сорбента МФО-47, по отношению к ионам Cd^{2+} , Pb^{2+} , при очистке водных растворов.

3. Сделан вывод, о возможности эффективного использования сорбента МФО-47 при очистке воды от ионов тяжёлых металлов.
This work was supported by a grant of the President of the Russian Federation for support of young Russian scientists № МК-4042.2014.8

Список литературы:

1. Фрог Б. Н., Левченко А. П. Водоподготовка. – М.: МГУ, 1996. – 680 с.
2. Фекленко А. Ю. Тяжёлые металлы и их опасность // Экологический Вестник России. 2010. - № 5. - С. 26.
3. Бочкарев Г. Р., Пушкарева Г. И., Маслий А. И., Белобаба А. Г. Комбинированная технология извлечения ионов тяжелых металлов из техногенных растворов и сточных вод // Цветные металлы. – 2008. – № 1. – С. 19–22.
4. Байдина Н. Л. Инактивация тяжелых металлов гумусом и цеолитами в техногеннозагрязненной почве // Почвоведение. – 1994. – №9. – С. 121 – 125.
5. Голдовская Л. Ф. Химия окружающей среды. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. - 295 с.
6. Губайдуллина Т. А. Фильтрующий материал для очистки воды от марганца и железа, способ его получения и способ очистки воды от марганца и железа / Т.А. Губайдуллина // Экологические системы и приборы.- 2006 - №8 – С. 59-62.
7. Гончиков В. Ч. Фильтрующий материал для очистки воды от железа, марганца и сероводорода / В. Ч. Гончиков., Т. А. Губайдулина., О. В. Каминская, А. С. Апкарьян // Известия Томского политехнического университета. – 2012 - №3 – С. 37-40.
8. Пат. 2275335 Российская Федерация, МПК C02F1/64 (2006.01) B01D39/06 (2006.01) B01J20/06 (2006.01) B01J20/30 (2006.01) C02F103/04 (2006.01). Фильтрующий материал для очистки воды от марганца и железа, способ его получения и способ очистки воды от марганца и железа / Губайдулина Т.А., Почуев Н.А.; заявитель и патентообладатель Губайдулина Т.А. - № 2004119351/15, заявл. 24.06.2004; опубл. 27.04.2006, Бюл. № 38.
9. Скачков В. Б., Ластенко Н. С., Иванов Ю. А., Хустенко Л. А., Назаров Б. Ф., Заичко А. В., Иванова Е. Е., Носова Г. Н., Толмачёва Т. П. Измерение массовой концентрации химических веществ методом инверсионной вольтамперометрии: Сборник методических указаний. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – С. 271.

Расследование и учет несчастных случаев

Полевикова М.Г., Орлова К.Н.

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Юрга, Россия

Федеральными законами и иными нормативно – правовыми актами установлена обязанность расследования и учета несчастных случаев на производстве. В Трудовом кодексе ст. 212 сказано, что в обязанности работодателя входит обеспечение расследования и учета несчастных случаев в установленном порядке.

Также 24 октября 2002 г. было принято постановление №73 министерства труда РФ «Об утверждении форм документов, необходимых для расследования и учета несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях». В ст. 227 Трудового кодекса РФ (далее ТК РФ) указано, что расследованию и учету подлежат производственные несчастные случаи, случившиеся с работниками, работниками, подлежащим обязательному социальному страхованию от несчастных случаев и другими лицами на производстве и профессиональных заболеваний при исполнении им трудовых, должностных обязанностей и работы. К перечисленным лицам относят: основных работников, нанятых по трудовому договору; студентов образовательных учреждений; иные лица, привлеченные к производственной деятельности.

В статье 227 ТК РФ указано, что расследуются и подлежат учету следующие несчастные случаи: травмы или увечия, в т.ч. причиненные другим лицом; острые отравления; тепловые удары; ожоги; обморожения; утопления; поражения электрическим током, излучением, молнией; телесные повреждения и укусы насекомых, пресмыкающихся и животных; травмы, приобретенные в результате разрушений сооружений, зданий и конструкций, взрывов, стихийных бедствий и других несчастных случаев, которые повлекли за собой: смерть работника; вынужденность перехода или перевода работника на другую работу; временную или постоянную трудоспособность.[1]

Порядок расследования несчастных случаев.

Расследование несчастного случая начинается, когда работник, либо лицо, обеспеченное работой самостоятельно, получают следующие травмы: резкое ухудшение здоровья; ранения; травмы; ожоги; повреждения после контакта с животным и растительным миром и др. О происшествии работник, пострадавший или свидетели должны незамедлительно уведомить руководителя или другого ответственного лица и оказать первую медицинскую помощь пострадавшему.

Непосредственный руководитель в момент наступления несчастного случая обязан:

- обеспечить пострадавшему оказание первой медицинской помощи и в случае необходимости вызвать скорую медицинскую помощь;
- сообщить о происшествии работодателю, директору или наемному работнику, уполномоченному по вопросам охраны труда.
- создать условия для сохранности обстановки и оборудования на рабочем месте в исходном состоянии, в котором всё находилось на момент наступления несчастного случая до прибытия комиссии по расследованию несчастного случая.

Если потерпевший обратился в лечебно – профилактическое учреждение без направления работодателя с последствиями несчастного случая на производстве, то учреждение должно уведомить об этом в установленной форме путем экстренного сообщения с помощью средств связи: работодателя пострадавшего и Органу государственной санитарно – эпидемиологической службы.

Работодатель после получения данного сообщения обязан уведомить орган государственной пожарной охраны, если несчастный случай возник по причине пожара, либо учреждение государственной санитарно – эпидемиологической службы – острого отравления или заболевания и создать комиссию по расследованию данного несчастного случая, указав в приказе состав этой комиссии.

Комиссия в течении трёх суток обязана: получить объяснения у пострадавшего и если возможно свидетелей происшествия; проверить условия труда и соблюдении техники безопасности; разработать план мероприятий по предотвращению подобных случаев; заполнить в трех экземплярах акт расследования несчастного случая (Форма Н-5), акт о несчастном случае (Форма Н-1), если в ходе расследования выяснится факт, что причина наступления несчастного случая не связана с производством, то заполняется акт по форме НПВ; если несчастный случай – отравление или острое профессиональное заболевание, то составляются акт по форме Н-1 и карта учета проф. заболеваний (отравлений) по форме П-5 в четырёх экземплярах.

Учет несчастных случаев.

Каждый несчастный случай, оформленный комиссией в унифицированной форме, работодатель обязан занести в журнал регистрации несчастных случаев на производстве по установленной форме.

Экземпляры актов о расследовании несчастного случая предоставляются:

- прокуратуре, если несчастный случай повлек смерть одного или более, либо были нанесены тяжелые повреждения здоровью работников. Второй экземпляр документов храниться у работодателя 45 лет;
- федеральному органу исполнительной власти, уполномоченный на осуществление федерального государственного надзора за соблюдением трудового законодательства и иных правовых актов.

Для расследования и учета несчастных случаев Постановлением Министерства труда социального развития РФ от 24.10.2002 N 73 утверждены необходимые формы документов:

1. Извещение о групповом несчастном случае (тяжелом несчастном случае, несчастном случае со смертельным исходом);
2. Акт формы Н-1 о несчастном случае на производстве;
3. Акт формы Н-1 ПС о несчастном случае на производстве;
4. Акт о расследовании группового несчастного случая (тяжелого несчастного случая, несчастного случая со смертельным исходом);
5. Заключение государственного инспектора труда;
6. Протокол опроса пострадавшего при несчастном случае (очевидца несчастного случая, должностного лица);
7. Протокол осмотра места несчастного случая;
8. Сообщение о последствиях несчастного случая на производстве и принятых мерах;

9. Журнал регистрации несчастных случаев на производстве. [2]

Количественная характеристика травматизма.

В Кемеровской области за апрель – август 2014 г. по оперативным данным о происшествиях групповых, тяжелых и смертельных несчастных случаев произошло следующее количество несчастных случаев, указанных в табл. 1.[3]

Таблица 1. Данные о происшествиях групповых, тяжелых и смертельных несчастных случаев

Наименование	В том числе по видам несчастных случаев			
	Групповые		Тяжелые	Со смертельным исходом
	Все го	В них пострадавших со смертельным исходом		
Количество несчастных случаев, происшедших с начала текущего года	12	8	99	51
Количество несчастных случаев, произошедших за аналогичный период предыдущего года	18	17	101	46

По данным таблицы 1 можно сделать вывод о том, что количество несчастных случаев, происшедших с начала текущего года по сравнению с количеством несчастных случаев, произошедших за аналогичный период предыдущего года практически не изменилось.

Список литературы:

1. Трудовой кодекс Российской Федерации.
2. В.П. Бакус. Расследование и учет несчастных случаев на производстве. [Электронный ресурс]. http://uss.dvfu.ru/struct/labour_safety/neschastnye_sluchai_na_proizvodstve.pdf (Дата обращения 01.10.2014 г.)
3. Оперативные данные о происшествиях групповых, тяжелых и смертельных несчастных случаев в Кемеровской области [Электронный ресурс]. <http://git42.rostrud.ru/results/> (Дата обращения 02.10.2014 г.)

Среднеактивные отходы. Отверждение. Карбонизация

Приходов Д.А.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский Федеральный Университет», г. Красноярск, Россия

У радиоактивных отходов есть много источников. Это и медицинские отходы, и отходы промышленного производства, но крупнейший вклад вносят объекты использования атомной энергии. Радиоактивные отходы в основном образуются в рамках деятельности, связанной с работой ядерных энергетических, промышленных, исследовательских реакторов и реакторов ядерных силовых установок. Наибольшее количество опасных для биосферы техногенных радионуклидов, в том числе и долгоживущих альфа-излучателей (Pu, Am, Np и др.), образуется и содержится в отработанном ядерном топливе (ОЯТ) с атомных электростанций и на радиохимических производствах, на которых осуществляется выделение плутония, невыгоревшего урана-235 и других радионуклидов.

В различных государствах проводится разная политика обращения с ОЯТ. В некоторых странах ОЯТ, после выгрузки из реактора, поступает на временное хранение, затем на промежуточное хранение и в перспективе на длительное хранение и захоронение. Эта политика соответствует открытому ядерному топливному циклу (ЯТЦ), и в ее рамках ОЯТ рассматривается, как радиоактивные отходы.

Другие государства рассматривают ОЯТ, как ценное сырье, которое следует перерабатывать и извлекать из него, прежде всего, плутоний и уран для производства нового ядерного топлива и его использования в ядерных реакторах (замкнутый ЯТЦ).

Технология обращения с радиоактивными отходами на разных этапах становления атомной промышленности имела свои особенности, обусловленные прежде всего решаемыми геополитическими стратегическими задачами, отсутствием опыта и знаний по поведению

малоизученных химических соединений радиоактивных элементов. Но в последнее время возросла потребность в эффективных методах переработки радиоактивных отходов, что стимулировало много исследований по данной тематике.

Определение радиоактивных отходов регламентируется специальными правилами, принятыми в каждой стране.

Жидкие среднеактивные отходы (САО) образуются в промывных растворах при очистке отходящих газов при растворении ОЯТ, при выпаривании жидких низкоактивных отходов (НАО) и при очистке экстрагента и его возвращении в рецикл, а также при дезактивации оборудования.

Для концентрации жидких САО используют выпаривание, химическое осаждение, ионный обмен. При этом радионуклиды концентрируются в остаточном растворе, в осадках (пульпах), на ионообменном материале. Как правило, концентрированные отходы (кроме ВАО) подвергаются дальнейшему отверждению. Отверждение включает процессы, которые улучшают механические и транспортные характеристики отходов (иммобилизация отходов).

Связующие, предполагаемые для отверждения концентратов среднеактивных и низкоактивных отходов можно разделить на три основных группы: термопластичные (битум и др.), неорганические (цемент, гипс) и терморезистивные (полиэфирные и карбамидные смолы). Особняком стоят полимерно-композиционные материалы. [1]

Битум характеризуется термопластичностью, позволяющей при нагревании успешно включать в него концентраты с получением гомогенного продукта с гидроустойчивостью, обеспечивающей надежную гидроизоляцию включенных компонентов.

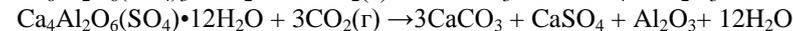
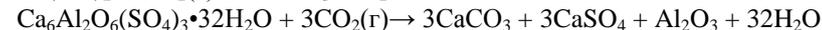
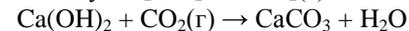
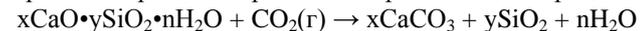
Но к сожалению, битумная смесь может являться пищей для бактерий, живущих в почве в районе хранения, что может приводить к разрушению матрицы. Из этих соображений, а также после пожара в хранилище битумированных отходов на заводе Токай-Мура (Япония), целесообразность использования этой технологии находится под вопросом.

Включение в цемент – один из основных методов отверждения как гомогенных, так и гетерогенных отходов. Причина широкого распространения цементирования – негорючесть и отсутствие пластичности у отвержденного продукта, а также простота осуществления процесса смешивания концентрата отходов с цементом.

Существенным недостатком цементирования является значительная вымываемость из цемента включенных в него компонентов. Для уменьшения вымываемости радионуклидов из цементной матрицы необходимо уменьшение пористости цементного камня. Был рассмотрен процесс карбонизация цементных матриц – как один из способов решения этой проблемы. [2]

Карбонизация - это естественный процесс, в котором Са-содержащие фазы цемента теряют гидратную воду и преобразуются в карбонатные минералы при реакции с атмосферным CO_2 . В связи с тем, что, эти карбонаты развиваются в микроструктуре цементного камня, пористость, размер пор, распределение и проницаемость уменьшаются. [3]

Уравнения реакции процесса «карбонизации» представлены ниже:



Таким образом в результате карбонизации образуются относительно нерастворимые фазы вторичных карбонатов, которые осаждаются в сети цементных пор и соответственно изменяется микроструктура цементного камня.

Глубина карбонизации цементного камня на воздухе при нормальном давлении CO_2 невелика. Карбонизация свободной, а также частично связанной извести, находящейся на поверхности цементного камня, в первые моменты времени идет быстро. Однако по мере углубления этот процесс замедляется. Глубина карбонизации повышается с увеличением длительности выдерживания цементного камня в естественных условиях и при пониженной плотности бетона. Искусственная карбонизация поверхностного слоя при повышенной концентрации CO_2 протекает гораздо интенсивнее.

Плотность цементного камня является важным фактором карбонизации, так время проникания углекислого газа в тело камня с увеличением плотности может увеличиться до 25 раз. Карбонизация происходит очень быстро при относительной влажности воздуха 50...70 % и гораздо медленнее, если относительная влажность воздуха более 75 % или менее 45 %. При повышении влажности поры заполняются водой и CO_2 должен сначала раствориться и распространиться в воде, чтобы проникнуть в цемент. При пониженной влажности внутренняя жидкость не обладает свойствами, позволяющими ей хорошо растворять $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и CO_2 .

Скорость карбонизации цемента зависит также от концентрации углекислого газа, вида цемента его дисперсности и водо-вяжущего соотношения.

Ранее выполненные исследования обнаружили, что для цемента, на который воздействовал CO_2 из окружающей среды характерно более высокое содержание кальцита (полученного из карбоната кальция), большая прочность и меньшая вымываемость для таких элементов как Sr, Ст, Pb, Sb, Zn, Cd, Ba, As и Hg на целых 80%, по сравнению с обычным цементом.

Метод цементирования низко- и среднеактивных отходов широко применяется во всем мире. Во многих странах сложились свои подходы к выбору отверждающих материалов и добавок, технологического оформления процесса.

Список литературы:

1. Андрюшин И.А., Юдин Ю.А. «Обзор проблем обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом», Саратов – 119с.
2. «Handbook of advanced radioactive waste conditioning technologies», edited by Michael I. Ojovan, Woodhead Publishing Limited, 2011 – С.67-133.
3. Sean A. Andreou «Intermediate and Low Level Nuclear Waste. Stabilisation. Carbonation of Cement-based Wasteforms», Waterloo, Ontario, Canada, 2003 – 77с.

Оценка эффективности оперативного регулирования экологической нагрузки ТЭЦ в период наступления особо неблагоприятных метеорологических условий

Ростунцова И.А.

*Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина,
г. Саратов, Россия*

Экологическая нагрузка теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), находящейся в пределах существующей городской застройки определяется воздействием выбросов загрязняющих веществ при сжигании органического топлива на атмосферный воздух. На сегодняшний день актуальным является оперативное регулирование выбросов загрязняющих веществ ТЭЦ в период наступления особо неблагоприятных метеорологических условий. Одним из наиболее доступных способов снижения выбросов загрязняющих веществ на действующих котлах ТЭС является сжигание водотопливных смесей.

В плане экологических разработок сложилась неоднозначная ситуация: затраты на реализацию природоохранных мероприятий на любом технологическом оборудовании значительно выше платы за вредные выбросы в атмосферу. Это делает их внедрение экономически невыгодным. С другой стороны снижение нормативных уровней выброса оксидов азота (NO_x) при сжигании органического топлива требует уменьшение их эмиссии всего на 20...40%. Поэтому на сегодняшний день наиболее востребованными на промышленных объектах являются мало затратные и быстро реализуемые оперативные природоохранные мероприятия. Эффективным средством решения этих задач является использование топливных смесей (ТС) или эмульсий (ТЭ): вода – мазут; вода - дизельное топливо; вода - мазут - угольная пыль; вода - горючий газ. При сжигании топливных смесей достигается существенный экономический эффект, определяемый снижением вредных выбросов в атмосферу. Его наибольшие значения обеспечиваются добавлением в топливо 15...20% воды. Эффект от сжигания топливных смесей возрастает при использовании в качестве водных добавок загрязненные промышленные стоки предприятий. При этом уровень водной фазы может быть повышен до 50%. Таким образом, дополнительно осуществляется возможность уничтожения (огневого обезвреживания) жидких стоков производства.

Для теплоэнергетических объектов проведено экспериментальное исследование снижения образования оксидов азота (NO_x) при вводе влаги в дутьевой воздух [1]. Эффект от введения влаги в топочные процессы определяется снижением максимальной температуры в реакционной зоне, что приводит к снижению образования оксидов азота и других вредных веществ (диоксида серы, сажи и бенз(а)пирена) [2-3]. Передача энергии от продуктов сгорания в топке котла в основном осуществляется путем лучистого переноса, очень чувствительного к изменениям температуры и химического состава излучающего газа. Таким образом, применение впрыска воды остро ставит вопрос об отыскании оптимального режима работы, обеспечивающего снижение токсичных компонентов в атмосферных выбросах до допустимого уровня с приемлемыми потерями лучистой энергии или полностью исключаящего эти потери.

Проведены теоретические исследования влияния вводимой влаги на снижение концентраций оксидов азота [4] и на изменение теплообмена в топке котла. Разработана аналитическая модель исследования образования вредных выбросов с учетом ввода влаги в зону горения. В основу разрабатываемой модели положен макрокинетический закон протекания брутто-реакции образования оксидов азота в зоне высоких температур. Методика отражает закономерности образования NO_x в основном по термическому механизму Я.Б.Зельдовича [2], исходя из избирательного воздействия дополнительно вводимой влаги преимущественно на термические оксиды азота. В методике определено влияние, оказываемое на образование оксидов азота температурного уровня, концентрации реагирующих веществ и время нахождения их в зоне высоких температур. Получены зависимости адиабатической температуры горения T_a , критерия Больцмана и максимальной температуры в ядре факела T_m от условий теплообмена и с учетом влияния ввода влаги. Установлена теоретическая зависимость изменения максимальной температуры факела при вводе влаги и снижения концентрации оксидов азота [4]. Расчеты проведены для энергетического котла БКЗ-320-140 ГМ при сжигании природного газа. Результаты теоретического расчета максимальной температуры факела и концентрации оксидов азота от количества вводимой влаги в топку котла представлены в табл.1 и на рис.1.

Таблица 1. Расчет теоретической зависимости образования оксидов азота от количества вводимой влаги в топку котла

Расчетные параметры	Водотопливное отношение $g_{\text{впр}}$, %					
	0	10	20	30	40	50
Максимальная температура факела T_m , °К	2010	1997	1983	1969	1956	1942
Объемная концентрация атомарного кислорода C_{O_2} , % об.	1,3170	1,3030	1,2890	1,2750	1,2639	1,2470
Объемная концентрация молекулярного азота C_{N_2} , % об.	71,602	70,575	69,547	68,520	68,150	66,465
Скорость образования оксидов азота (dC_{NO_2}/dt), % об.	0,1577	0,1272	0,0966	0,0661	0,0585	0,0049
Концентрация оксидов азота в топке C_{NO_2} , г/м ³	0,2500	0,2040	0,1580	0,1392	0,1204	0,1114
Коэффициент теплового излучения факела	0,423	0,431	0,438	0,445	0,452	0,459

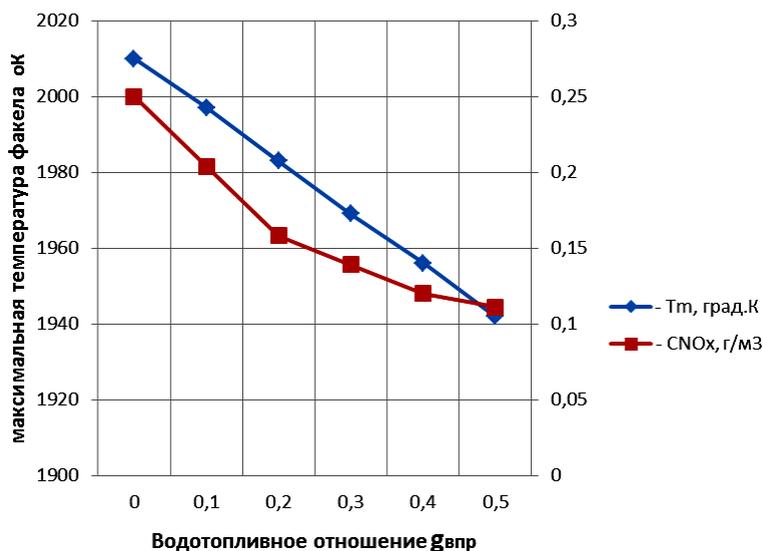


Рис.1. Зависимость концентрации оксидов азота (C_{NO_x}) от максимальной температуры факела (T_m)

Как видно из рис.1, при максимальной величине впрыска ($g_{впр} = 0,5$) концентрация оксидов азота снижается на 55,6 % при этом температура факела снижается на 68°C .

На рис.2 представлена зависимость теплового излучения факела от количества вводимой влаги.

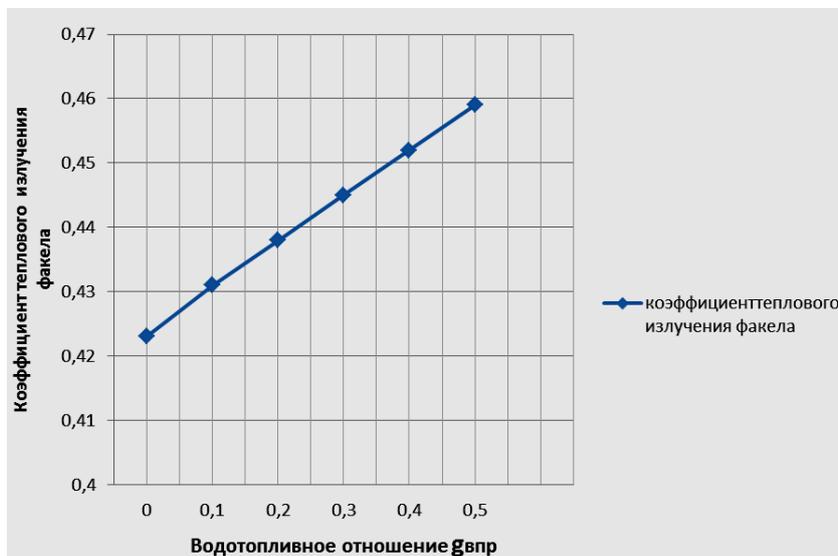


Рис.2. Зависимость коэффициента теплового излучения факела от ввода влаги

Как видно из рис.2 ввод влаги в топку котла не ухудшает теплообмен, а способствует его интенсификации на 7,8 % при максимальной величине впрыска влаги.

Выводы

Применение водотопливных смесей позволяет:

1. Оперативно снижать вредные выбросы (свыше 50 %) на промышленных топливосжигающих объектах. При этом влага является катализатором и в факеле происходят каталитические реакции, ведущие к уменьшению вредных газовых выбросов: оксидов азота, сажи, бенз (а) пирена и диоксида серы (при использовании промышленных сточных вод).
2. Увеличивается поверхность контакта топлива с воздухом. Происходит выравнивание температурного поля в зоне горения путем уменьшения локальных максимальных температур и увеличением средней температуры в топке.
3. Повышается светимость факела (благодаря увеличению поверхности излучения).

Список литературы:

1. Шупарский А.И. Снижение выбросов оксидов азота при вводе воды в воздухопроводы котлов/ А.И. Шупарский, Н.В. Голубь, В.И. Ерофеева, И.А. Ростунцова // Энергетика... (Изв. высш. Учеб. заведений). 1991. - № 8. - С.104-107.
2. Зельдович Я.Б. Окисление азота при горении. / Я. Б. Зельдович, П.Я. Садовников, Д.А. Франк-Каменецкий. -М.1946. - 245 с.
3. Эфендеев Т.Б. Образование оксидов азота в парогенераторах/ Т.Б. Эфендеев // Теплоэнергетика.1975. - №9. - С.20-23.
4. Ростунцова И.А. Моделирование природоохранных технологий в теплоэнергетике с учетом макрокинетических процессов/ И.А.Ростунцова// Вестник СГТУ, 2011,- № 1(54), Вып. 3, - С.201-206.

Исследование свойств сорбента КФГМ-7

Слепнёв А.М., Немцова О.А., Мартельянов Д.В., Мухортов Д.Н., Слядников П.Е.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Среди загрязнений находящихся в гидросфере, тяжёлые металлы (имеющие атомный вес больше 40) занимают особое место [1-3]. Тяжёлые металлы являются самым опасным классом ядов и способны аккумулироваться в тканях живых организмов, с дальнейшим негативным воздействием на живой организм.

Среди различных водоочистных технологий, удаляющих тяжёлые металлы из воды, сорбционный метод имеет особое значение [4-6]. В последние годы создаются всё новые материалы для очистки водных сред от соединений тяжёлых металлов [7-9].

Целью данной работы является исследование свойств сорбционного материала КФГМ-7, который является керамическим гранулированным материалом. Изготавливается он из белой глины – каолина. Каолин – это экологически чистый продукт, обладающий рядом ценных свойств, благодаря которым он широко используется в различных отраслях. На самом деле на месторождениях добывают горную породу, в состав которой входит минерал каолинит. Добытую породу еще называют «каолин-сырец». Это полиминеральная смесь, в которой содержатся и кварц, и полевые шпаты, и слюда, и железосодержащие соединения, и титаносодержащие соединения. А вот самого каолинита в нем мало: не больше 45%.

Насыпную плотность исследуемого сорбента определяли с использованием метода определения насыпной плотности уплотнённых сыпучих материалов, по ГОСТ Р 50485-93.

Определение влажности образца сорбента КФГМ-7 производили в соответствии с ГОСТом 13525.19-91. Определялось отношение потери массы образца адсорбента, при высушивании к его первоначальной массе при отборе пробы в соответствии со стандартным методом испытания.

На рисунке 1 показан внешний вид сорбционного материала КФГМ-7.



Рисунок 1. Внешний вид сорбента КФГМ-7

Сорбционные исследования материала КФГМ-7 при извлечении из водных растворов ионов Pb^{2+} и Ni^{2+} проводили в динамических условиях. На рисунке 2 представлена схема проведения процесса динамической фильтрации, с использованием сорбента КФГМ-7. Сорбционный материал засыпали в фильтровальный модуль в количестве 130 грамм, а затем с помощью баллона со сжатым азотом создавали давление для подачи модельного раствора через фильтровальный модуль.

Исходную и конечные пробы модельного раствора на содержание Ni^{2+} определяли методом фотоколориметрии. Растворы на содержание ионов Pb^{2+} определяли методом инверсионной вольтамперометрии [10].

В таблице 1 представлены физико-химические параметры материалов, применяемых в водоочистном комплексе: насыпная плотность, влажность и химический состав.

Таблица 1. Физико-химические свойства материала КФГМ-7

Химический состав	Насыпная плотность, г/дм ³	Влажность, % масс	Размер гранул, мм
Al ₂ O ₃ - 35 – 36 %; SiO ₂ - 48 – 50 %; MgO - 0,6 %; Na ₂ O - 0,4 – 0,6 %; Fe ₂ O ₃ - 0,5 – 1,0 %; CaO - 0,8 %; TiO ₂ - 0,7 %	0,95	1	0,63-2,5

На рисунке 2 представлено оборудование: 1 – баллон со сжатым азотом; 2 – редуктор; 3 – установка для перекачивания водного раствора; 4 – вентиль тонкой регулировки; 5 – штатив лабораторный; 6 – модуль В; 7 – цилиндр мерный на 500 мл; М1 и М2 – манометры.

Модуль В с сорбентом фиксируют в штативе. В установку для перекачивания жидкости фирмы Millipore заливают модельный раствор (приготовленный на дистиллированной воде), с заданными концентрациями. После приготовления исходного раствора (с заданными концентрациями), производится отбор пробы микродозатором, для анализа на содержание в воде Ni^{2+} и Pb^{2+} – контрольная проба.

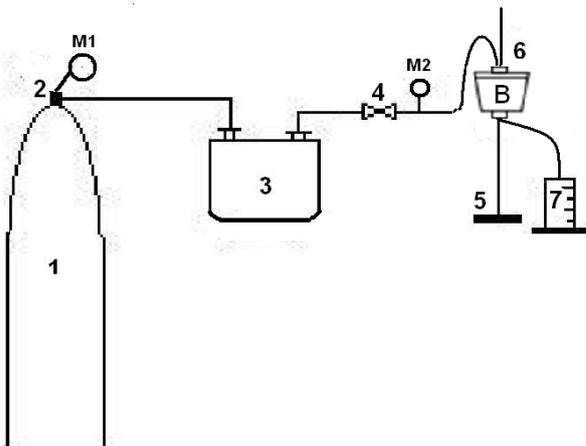


Рисунок 2. Схема проведения процесса фильтрации

Давление в системе перекачивания создают с помощью сжатого азота, подаваемого из баллона, величину давления регулируют редуктором и контролируют по манометру М1 установленному на баллоне. Давление раствора на оправку регулируют вентилем тонкой регулировки и контролируют по манометру М2, установленному после системы перекачивания.

В таблице 2 представлены сорбционные характеристики материала КФГМ-7 при очистке водного раствора от ионов Ni^{2+} и Pb^{2+} .

Таблица 2. Процесс динамической фильтрации

Пропущенный объём, л	Q, л/ч	C(Ni^{2+}), мг/л	% Сорбции Ni	C(Pb^{2+}), мг/л	% Сорбции Pb
1	0,57	0,085	66,00	0,0478	52,67
2	0,2	0,056	77,60	0,0477	52,77
3	0,3	0,03	88,00	0,0573	43,27
4	0,28	0,083	66,80	0,0871	13,76
5	0,35	0,057	77,20	0,0433	57,13
6	0,35	0,074	70,40	0,0291	71,19
7	0,316	0,055	78,00	0,025	75,25
8	0,33	0,061	75,60	0,0165	83,66
исходная проба		0,25		0,101	

По результатам проведённого процесса динамической фильтрации видно, что материал КФГМ-7 очищает модельный раствор от ионов Ni^{2+} и Pb^{2+} .

Выводы

1. Определены влажность и насыпная плотность у сорбента КФГМ-7.
2. Представлена эффективность очистки модельного раствора от ионов Ni^{2+} и Pb^{2+} в процессах динамической адсорбции на сорбенте КФГМ-7.

Список литературы:

1. Бочкарев Г. Р., Пушкарева Г. И., Маслий А. И., Белобаба А. Г. Комбинированная технология извлечения ионов тяжелых металлов из техногенных растворов и сточных вод // Цветные металлы. – 2008. – № 1. – С. 19–22.
2. Фекленко А. Ю. Тяжёлые металлы и их опасность // Экологический Вестник России. 2010. - № 5. - С. 26.
3. Байдина Н. Л. Инактивация тяжелых металлов гумусом и цеолитами в техногеннозагрязненной почве // Почвоведение. – 1994. – №9. – С. 121 – 125.
4. Никифоров А. Ю., Ильина Л. А., Сударушкин А. Т. Использование природного минерала доломита и его термомодифицированных форм для очистки сточных вод от катионов тяжелых металлов. // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 1999. – 42, №4. –138 с.

5. Шапкин Н.П., Поляков В.Ю., Шапкина В.Я., Сибирцев Ю.Т., Рассказов В.А. Химическая модификация природных цеолитов Дальнего Востока // Изв. вузов. Химия и химическая технология. 2002. Т.45. - Вып.2. - С. 101-105.
6. Мартемьянов Д. В., Короткова Е. И., Слядников П. Е. Новые сорбционные материалы FilLis 7 и FilLis 8, для удаления из водных сред ионов тяжёлых металлов // Перспективы развития фундаментальных наук: Труды IX Международной конференции студентов и молодых учёных - Томск, 24-27 апреля 2012. - Томск: ТПУ, 2012. - с. 436-438.
7. Годымчук А. Ю., Решетова А. А. Исследование процессов извлечения тяжелых металлов на природных минералах // Вестник Отделения наук РАН. - 2003. - № 1 (21). - С. 1-3.
8. Мартемьянов Д. В., Галанов А. И., Юрмазова Т.А. Определение сорбционных характеристик различных минералов при извлечении ионов As^{5+} , Cr^{6+} , Ni^{2+} из водных сред // Фундаментальные исследования № 8 (часть 3), 2013 год. С. 666-670.
9. Мартемьянов Д. В., Галанов А. И., Юрмазова Т. А., Короткова Е. И., Плотников Е. В. Сорбция ионов As^{3+} , As^{5+} из водных растворов на вермикулитобетоне и газобетоне модифицированных оксигидроксидом железа // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2014. Том 57. Вып. 11. – С. 30-33.
10. Скачков В. Б., Ластенко Н. С., Иванов Ю. А., Хустенко Л. А., Назаров Б. Ф., Заичко А. В., Иванова Е. Е., Носова Г. Н., Толмачёва Т. П. Измерение массовой концентрации химических веществ методом инверсионной вольтамперометрии: Сборник методических указаний. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – С. 271.

Очистка сточных вод гальванического производства от тяжелых металлов на примере ОАО «МАНТОМЬ»

Баталова А.Ю., Назаренко О.Б.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Гальваническое производство принадлежит к числу наиболее опасных источников загрязнения окружающей среды, так как в сточных водах данного производства содержатся примеси тяжелых металлов, щелочей, неорганических кислот и других высокотоксичных соединений.

В гальваническом производстве вода используется на хозяйственно-бытовые и технологические нужды (приготовление технологических растворов, промывка деталей, охлаждение оборудования и т.д.). Данные сточные воды можно разделить на два вида: концентрированные отработанные растворы гальванических ванн и ванн химической обработки, промывные воды ванн горячей и холодной промывки [1].

Рассмотрим технологию очистки сточных вод гальванического производства Томского манометрового завода (ОАО «Манотомь»). ОАО «Манотомь» является одним из ведущих предприятий России по выпуску манометров и датчиков давления для нефтегазового комплекса, авиации, энергетики, железнодорожного транспорта и др.

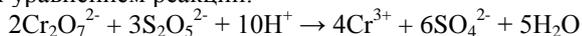
На гальваническом участке предприятия ОАО «Манотомь» происходит нанесение защитных покрытий, перед которым изделия (держатели, корпуса, стрелки, пружины) подвергаются обезжириванию в растворах щелочи, соды, травлению растворами серной, соляной, азотной, хромовой и плавиковой кислот. Затем следуют операции оксидирования, пассивирования, цинкования, хромирования, никелирования. После чего осуществляется окраска мест пайки.

Производственные сточные воды гальванического участка, загрязненные кислотами щелочами, солями хрома, цинка, никеля, железа и меди перед сбросом в канализацию подвергаются очистке и нейтрализации на станции очистки промышленных стоков (рис. 1). Весь процесс очистки сточных вод можно разделить на несколько стадий: перекачивание, восстановление шестивалентного хрома, коагуляцию и флокуляцию, отстаивание, обезвоживание гальванического шлама.

Хромсодержащие сточные воды поступают в накопители 1, 2. Смешанные кислотнo-щелочные стоки поступают в камеру усреднения 6.

Хромсодержащие сточные воды перекачиваются из накопителей 1, 2 в реактор 3, основной функцией которого является восстановление Cr^{6+} до менее токсичного Cr^{3+} . Сточные воды в реакторе проходят обработку 10% раствором пиросульфита натрия, который поступает из реактора 4. В процессе обезвреживания хрома необходимо поддерживать pH в емкости для

обезвреживания хромовых сточных вод на уровне 2-3 % раствором серной кислоты из емкости 5. Реакция восстановления хрома идет в течение 20-30 минут. Окончание реакции контролируется по показаниям сигнализатора хрома. Суть процесса, протекающего в емкости восстановления 3, можно отразить следующим уравнением реакции:



После реактора 3 обработанные хромовые стоки, содержащие трехвалентный хром поступают в камеру усреднения 6, где смешиваются с кислотно-щелочными сточными водами гальванического участка. Смешанные стоки переливаются в камеру смешения 7, куда непрерывно подается 10% раствор гидроксида натрия из бака 11. Оптимальная величина pH для осаждения $\text{Cr}(\text{OH})_3$ составляет 8,5–9. Величина pH контролируется по показаниям pH метра.

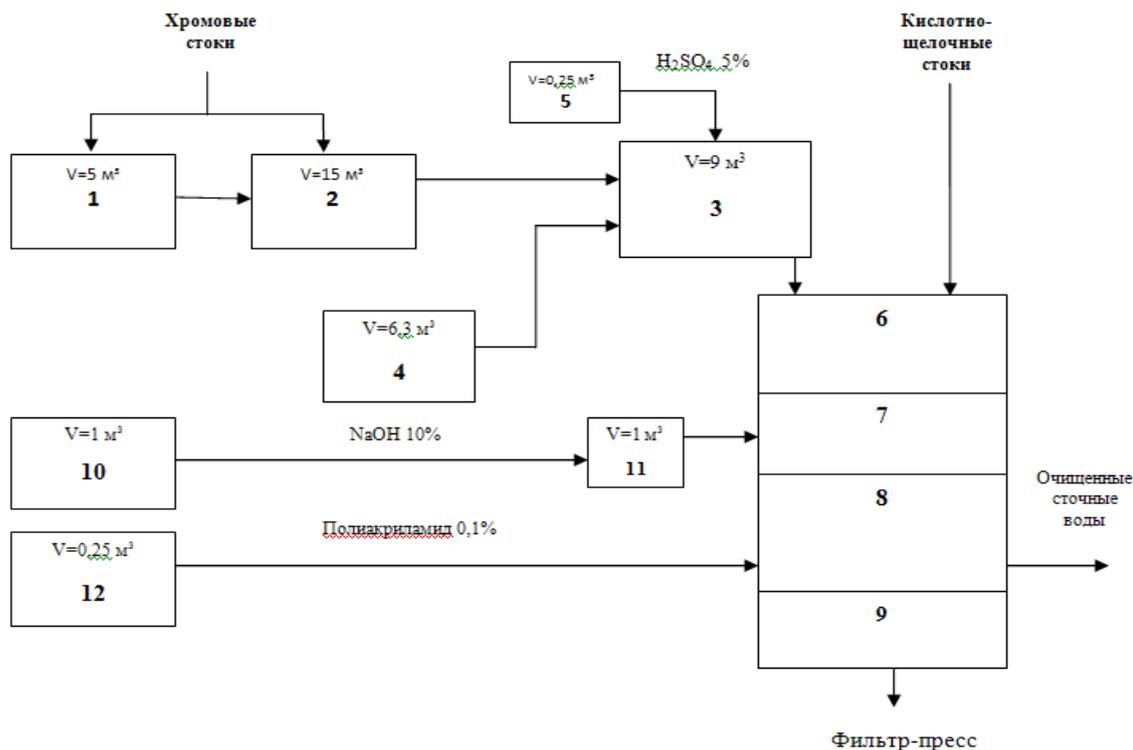


Рис 1. Схема работы очистной установки на ОАО «Манотомь»: 1, 2 – накопители хромовых стоков, 3 – емкость восстановления Cr^{6+} до Cr^{3+} , 4 – реактор для приготовления 10% раствора пиросульфата натрия, 5 – бак для приготовления 5% раствора серной кислоты, 6 – камера усреднения, 7 – камера смешения, 8 – отстойник, 9 – илоуплотнитель, 10 – бак для приготовления 10% раствора гидроксида натрия, 11 – бак для раствора щелочи, 12 – бак для приготовления 0,1 % раствора флокулянта (полиакриламид)

Из камеры смешения 7 сточные воды непрерывно переливаются в горизонтальный двухсекционный отстойник 8, в котором идет осаждения осадка. Для улучшения коагуляции осадка в отстойник добавляют флокулянт из бака 12. В качестве флокулянта используют полиакриламид.

Из отстойника 8 осветленные сточные воды сбрасываются в сеть производственной канализации. Скапливающийся в отстойнике осадок перекачивается насосами в илоуплотнитель 9, затем из илоуплотнителя 9 осадок насосами подают на фильтрпресс для обезвоживания. Фильтрат самотеком подают в камеру усреднения 6, а обезвоженный осадок хранят в специальной таре [2].

Степень очистки от тяжелых металлов гальванического производства ОАО «Манотомь» составляет около 80 %. При данном коэффициенте очистки состав сточных вод на выпуске соответствует нормативным показателям общих свойств сточных вод и допустимым концентрациям загрязняющих веществ в сточных водах, которые могут быть допущены к сбросу в централизованную систему водоотведения [3]. Однако если рассматривать соответствие концентраций очищенных сточных вод с ПДК для рыбохозяйственных водоемов и водоемов

культурно-бытового назначения, то они значительно их превышают. Кроме того, существенными недостатками существующей системы очистки являются значительный расход реагентов, громоздкость оборудования, необходимость хранить обезвоженный осадок. Поэтому необходимо провести исследования по усовершенствованию технологической схемы станции очистки сточных вод ОАО «Манотомь» для достижения наиболее эффективной очистки воды на предприятии, возможностью наиболее полного извлечения из шлама тяжелых металлов для утилизации и возврата очищенных сточных вод в оборотный цикл.

Список литературы:

1. Гарипова С.А. Очистка сточных вод гальванического производства от тяжелых металлов // Экология производства. – 2011. – М. 97. – № 10. – С. 66–79.
2. Технологическая инструкция. Очистка гальванических стоков. – Томск: ОАО «Манотомь», 2005. 30 с.
3. Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 N 644.

Проблемы утилизации зольных отходов энергетических станций в России и за рубежом

Карпович М.К., Коротких А.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Введение

Среди промышленных отходов одно из первых мест по объемам занимают золы и шлаки от сжигания твердых видов топлива (уголь разных видов, горючие сланцы, торф) на тепловых электрических станциях. Огромные количества золы и шлака скопились в отвалах, занимающих ценные земельные угодья. Содержание золошлаковых отходов требует значительных затрат. В то же время золы и шлаки тепловых электрических станций можно эффективно использовать в производстве различных строительных материалов, что подтверждается многочисленными научными исследованиями и практическим опытом. Из зол и шлаков возможно производство большого количества строительных материалов, изделий и конструкций, необходимых при возведении жилых и промышленных зданий, сельскохозяйственных объектов, дорожных и гидротехнических сооружений и т.п.

Необходимость использования зол и шлаков диктуется не только экономическими соображениями, но и требованиями по охране окружающей среды. Золоотвалы способствуют загрязнению водного и воздушного бассейнов, приводят к изменению химико-минерального состава почв. Пыление так же загрязняет окружающую среду и влияет на здоровье людей.

В настоящее время использование золошлаковых отходов (ЗШО) в строительстве, в промышленности, в производстве строительных материалов, в сельском хозяйстве, да и в целом в России находится на низком уровне, причем в последнее время наблюдается спад ранее достигнутых показателей [1].

По данным [2] на территории России в золоотвалах хранится более 1,7 млрд. т ЗШО, которые занимают более 200000 га земли [3]. По прогнозам «...ожидается, что угли останутся до 2030 г. самым дешевым топливом на месте добычи.» [3], а значит и самым используемым. Значительный рост потребления угля на тепловых станциях будет сопровождаться увеличением ежегодного выхода ЗШО: «...так, за 2000–2005 гг. объём текущего выхода ЗШО увеличился с 28 млн. т. До 34 млн. т, или в 1.2 раза, то к 2020 гг. он возрастает до 56 млн. т или в 1.7 раза» [3]. В России потребление ЗШО в последние годы составляет примерно 4–10% от количества образующихся отходов. В развитых странах этот показатель находится на уровне 50%, во Франции и Германии – 70%, в Финляндии – около 90%, а в Нидерландах и Дании – 100% [6]. Там применяются в основном сухие золы, и проводится государственная политика, стимулирующая их использование. Так, в Польше резко повышена цена на землю под золоотвалы, поэтому ТЭЦ доплачивают потребителям с целью снизить собственные затраты на их складирование. В Китае золы доставляются потребителям бесплатно, а в Болгарии сама зола бесплатна. В Великобритании действуют пять региональных центров по сбыту зол.

Способы золошлакоудаления на тепловых электростанциях

Системы ЗШО можно разделить на: гидравлические, механические, пневматические и комбинированные.

Выбор системы ЗШУ определяется из технологических особенностей производства (вида шлака, способа очистки дымовых газов, свойств золы и шлака, расходов, наличие воды, необходимость использования), мест для размещения золошлакохранилища (ЗШХ), требований по экономичности работы ЗШУ и ее надежности, требований природоохранного законодательства, климатических условий, вопросов эксплуатации ЗШУ и отдельных узлов и др. [4].

Механические системы ЗШУ в настоящее время на мощных ТЭС не применяются. Они используются только в малых котельных [4].

Самая распространенная из этих систем – гидравлическая система ЗШУ. Она состоит из специальных каналов, пульпопроводов, смывных аппаратов, багерных насосов, специальных насосных, водоводов. В этой системе чаще всего используется совместная транспортировка золы и шлака на ЗШХ. В прямооточных схемах водоснабжения ГЗУ вода после механического осветления в прудах-отстойниках сбрасывается в естественные водоемы, что приводит к локальным загрязнениям водоемов токсичными и радиоактивными веществами и создает неблагоприятные условия для развития биоты.

В оборотных системах водоснабжения осветленная вода поступает в насосную оборотного водоснабжения, отсюда по трубопроводам подается к установкам удаления шлака из холодных воронок котлов и далее направляется к золоулавливающим установкам. Далее пульпа поступает в насосную станцию, откуда транспортируется по внешним трубопроводам в ЗШХ, то есть образуется замкнутый цикл.

В России выполняются преимущественно ГЗУ с совместным удалением золы и шлака. Реже, при наличии соответствующих требований к потребительским свойствам золы и шлака, применяется раздельная транспортировка.

Отгрузка шлака в таких схемах может производиться как на промплощадке ТЭС, так и за ее пределами. Тогда в состав оборудования узлов отгрузки дополнительно вводятся установки по обезвоживанию шлака и насосная станция для возврата осветленной воды.

Пневмогидравлические системы ЗШУ чаще всего применяются на крупных электростанциях, в которых улавливание золы осуществляется с помощью электрофильтров. В этой системе предусмотрено внутростанционное пневмогидравлическое удаление золы. Зола собирается пневмосистемами в промежуточный бункер и далее транспортируется по пневмозолопроводам (ПЗП) в установку по отгрузке сухой золы (УОСЗ). Если нет потребителей, то зола подается по каналам ГЗУ в насосную станцию, где смешивается со шлаком и в виде пульпы поступает на ЗШХ. Потребителям отгрузка сухой золы может осуществляться непосредственно из промежуточных бункеров или со склада сухой золы.

Достоинствами ГЗУ можно считать возможность непрерывного удаления большого количества ЗШО на дальние расстояния, надежность оборудования, совмещение охлаждения и транспортирования шлака. Но в свою очередь ГЗУ существенно загрязняют окружающую среду. К минусам ГЗУ относится образование твердых соединений в трубопроводах, способных привести к выходу системы из строя, абразивный и коррозионный износ оборудования, высокие финансовые и энергозатраты, большой расход воды, ухудшение свойств золы при контакте с водой, отчуждение больших площадей под золоотвалы, загрязнение гидросферы и атмосферы.

Если сравнить ГЗУ и систему пневмозолоудаления (ПЗУ), можно выделить ряд преимуществ последней:

- Уровень надежность ПЗУ не ниже, а при транспортировке высококальциевых зол даже выше, чем у ГЗУ;
- Регулирование производительности установок в широких пределах;
- Технологическая гибкость и адаптируемость без значительных затрат и в короткие сроки;
- Постоянство свойств золы;
- Отгрузка золы по группам фракций.

Недостатками являются:

- Невозможность транспортирования золы без промежуточных станций перекачки (не более 3 км);
- Абразивный износ оборудования.

Проблемы утилизации золных отходов на тепловых электростанциях

Любая система золошлакоудаления наносит вред окружающей среде. Загрязнение водоемов, подземных вод, пыление, отчуждение больших площадей земли под золоотвалы значительно влияет на биоту и окружающую среду [7]. Непосредственно в зоне удаления ЗШО при гидрозолоудалении за счет протечек воды и пульпы рабочая среда загрязнена и требует

периодической очистки, что влияет на здоровье обслуживающего персонала. Зола является радиоактивной и требует грамотного хранения.

Для использования золы в производстве строительных и теплоизоляционных материалов, строительстве автодорог, добыче редкоземельных и ценных металлов, необходимо правильно ее удалять. В зольных отходах сконцентрировано большое количество соединений железа, алюминия, хрома, никеля, марганца, редких и рассеянных элементов: ванадия, германия, галлия. «At present coal fly ashes (CFA) are utilized in several applications fields such as cement and concrete production, agriculture and soil stabilization. However, their reuse is restricted by the quality parameters of the end-product or requirements defined by the production process» [8]. В процессе транспортировки происходит смешение золы с водой, в результате которого зола теряет ряд своих ценных свойств. Поэтому для дальнейшего продвижения технологии утилизации отходов необходимо на основании научных и прикладных работ разработать и ввести в работу перспективную технологическую схему переработки ЗШО. Одной из таких схем система сухого золошлакоудаления.

Перспективные системы утилизации зольных отходов тепловых электростанций

Перспективной системой ЗШО является сухое золошлакоудаление, позволяющее в дальнейшем использовать золу и шлак. Затруднением на пути перехода от ГЗУ к ПЗУ является необходимость использования воды для удаления шлака из холодной воронки. Решив эту проблему, мы получим систему, позволяющую в дальнейшем использовать золу и шлак в производстве.

Преимущества такой системы [6]:

- Технические преимущества
 - Вода не используется и реализуется «система шлакоудаления “с нулевым уровнем сбросов”»;
 - Тепло, выделяемое при выгорании CO_2 , возвращается обратно в котёл, что способствует повышению КПД котла за счет снижения физической потери тепла со шлаком;
 - Система простая, экологически чистая, надёжная;
 - Низкие требования по техническому обслуживанию и эксплуатации;
 - Низкая стоимость технического обслуживания ленты и большой срок службы;
 - Нет отрицательно воздействия присосов воздуха в топку котла;
 - Сухой шлак имеет широкий спектр использования;
- Экономические
 - Отсутствуют затраты на воду;
 - Снижение затрат на обслуживание и эксплуатацию, ремонт;
 - Снижение углепотребления (за счет повышения КПД котла);
 - Низкое энергопотребление (снижение затрат на 30–70% , [5]);
 - Гибкая конфигурация системы;
 - Увеличение объемов использования шлака;
 - Уменьшение загрязнения окружающей среды;
 - Дешевле традиционных систем ГЗУ.
- Экологические
 - Отсутствие сбросных вод;
 - Сохранение земельных угодий;
 - Снижение воздействия на подземные воды;
 - Решена проблема пыления;
 - Сухой шлак можно использовать при производстве стройматериалов (кирпич, заполнитель для строительства автомагистралей, добавка при производстве цемента и т.д.).

Выводы

1. В настоящее время наиболее распространена в России система гидрозолоудаления. Данная система показала себя надежной, но дорогой и неэффективной с точки зрения использования золы и шлака.
2. Переход на новую систему золошлакоудаления позволит сократить расходы станции, понизить себестоимость единицы энергии за счёт увеличения КПД котлоагрегата, снизить тарифы на электроэнергию, улучшить экологическую обстановку в регионах.

3. Сухое золошлакоудаление позволит эффективно использовать золу и шлак в производстве строительных материалов, строительстве автомагистралей, добыче редких и ценных металлов, поможет снизить объём использования полезных ископаемых.

Список литературы:

1. Газета №10 (102) май 2008 года: Энергетика.
2. А.А. Черепанов, В.Т. Кардаш Комплексная переработка золошлаковых отходов ТЭЦ (результаты лабораторных и промышленных испытаний)// Геология и полезные ископаемые Мирового океана, 2009. – №2 – С.98–115.
3. В.В. Бирюков, С.Е. Метелев, В.В. Сиротюк, В.Р. Шевцов Эффективные направления крупномасштабного использования золошлаковых отходов// Сибирский торгово-экономический журнал, 2008. – №7.
4. В.Я. Путилов, И.В. Путилова Золошлакоудаление ТЭС, краткая характеристика традиционных систем золошлакоудаления ТЭС России.
5. К.В. Буваков, А.А. Купрюнин Экспериментальные исследования сорбционных свойств золы уноса Канско-ачинских и кузнецких углей при денитрификации дымовых газов// Теплоэнергетика, Томский Политехнический университет, г.Томск. С.166 – 171.
6. Киан Ю Применение технологии сухого шлакоудаления с воздушным охлаждением шлака на пылеугольных ТЭС. Beijing Guodian Futong Science and Technology Development Co., Ltd, Пекин, Китай.
7. Н.Г. Андреева Проблемы утилизации золошлаковых отходов ТЭЦ и возможные пути их решения// Ползуновский вестник, 2011. – №4-2 – С.164–166.
8. Aixa González, Natalia Moreno Fly ashes from coal and petroleum coke combustion: current and innovative potential applications// Waste Management & Research, 7 мая 2009. С. 976–987.

Особенности использования вентиляции в производстве

Таханов Д.В., Орлова К.Н.

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Юрга, Россия

Вентиляция – основной инструмент в воспроизводстве благоприятного климата, предназначенный для передачи свежего воздуха с улицы и устранения загрязненного воздуха с помещений.

Воздух в помещениях - значимый фактор, воздействующий на здоровье, а так же на трудоспособность работников, находящихся в этих помещениях.

Вентиляция является одной из особо значимых мер для создания нормальных условий жизнедеятельности человека. Если она воздействует вместе с другими климатическими механизмами, то в помещениях обеспечивается комфортный микроклимат. Под вентиляцией понимается множество устройств и мероприятий, применяемых в процедуре воздухообмена, чтобы обеспечить заданное состояние воздушной микрофлоры в зданиях и на рабочих помещениях согласно госту и строительным нормам.

Во всех помещениях предусматриваются центральные воздухообменные стояки, которые имеют ответвление на каждом этаже, через которые создаются естественные вытяжки из санузлов и кухни. И за счет этого создается простейшая естественная вентиляция в здании: воздух выходит через решетки вентиляции, а с улицы поэтапно поступает через двери, окна и через иные негерметичные рубежи и прочее.

Чтобы решить проблему вентиляции помещений разного назначения от домов до производственных сооружений, имеется большая совокупность воздухообменных систем, где нужный объем кругооборота воздуха обеспечивается благодаря вентиляторам различных мощностей, к тому же, в таких механизмах обычно имеются дополнительные отводы обработки воздуха: фильтрация, нагревание, увлажнение, охлаждение и прочее по мере необходимости.[1]

Три основных способа разделения на классы местных систем вентиляции:

1. По способу организации давления для перемещения воздуха:
 - 1.1 с естественным;
 - 1.2 с искусственным приводом.
2. По назначению и по зоне обслуживания:
 - 2.1 приточные;
 - 2.2 вытяжные.

2.3 местные;

2.4 общеобменные.

Виды вентиляции:

1. естественная вентиляция;
2. механическая вентиляция;
3. приточная вентиляция;
4. вытяжная вентиляция;
5. приточно-вытяжная вентиляция;
6. общеобменная и местная вентиляция.

Естественная вентиляция организуется, вполне очевидным естественным путем, без использования вентиляционного механизма, благодаря естественному воздухообмену, т.е. за счет температуры в здании и на улице, так же от потоков ветра. За счет колебания давления атмосферы в зависимости от расположения этажа, на котором находится помещение. Системы естественной вентиляции просты в монтаже и сравнительно по стоимости не дорогие. Но данные системы воздухообмена в большей мере зависят от условий климата, в связи, с чем они не могут решить весь необходимый объем вентиляции помещения.

Механическая вентиляция – это замена в принудительном порядке отработанного воздуха в здании на более свежий воздух с улицы. Тут применяется специально предназначенные оборудования, который позволяет отводить и подводить воздух из помещений в необходимом количестве, независимо от колеблющихся климатических условий и окружающей среды.

При надобности в вентиляционных системах, воздух подводится к разным видам обработки (очистке, нагреванию, осушению, увлажнению охлаждению и т.д.), что практически невозможно осуществить в механизмах естественной вентиляции.

Часто на практике используют так называемую смешанную вентиляцию, который совмещает в себе одновременно механическую и естественную вентиляцию. В любом конкретном проекте устанавливается, какой вид вентиляции является оптимальным согласно санитарно-гигиеническим стандартам, помимо этого, какой является наиболее технически и экономически рациональным. Механическая вентиляция может монтироваться как на отдельном рабочем месте (местная), так и в целом для всеобщего помещения (общеобменная).[2]

Приточная система вентиляции используется для подвода в вентилируемые здания чистого воздуха в замен отработанного. Приточный воздух в случаях необходимости подвергается к особой обработке (нагреванию, очистке, увлажнению и т. д.).

Вытяжная вентиляция устраняет из помещения отработанный воздух.

Во многих случаях в помещении устанавливаются вместе как приточные, так и вытяжные механизмы. Их мощность должна сбалансироваться с учетом возможности подачи воздуха в соседние помещения, а так же в зависимости поступления из соседних помещений. В зданиях может быть также, монтироваться отдельно вытяжная или отдельно приточная система вентиляции. В данной ситуации воздух подается в это помещение с улицы или из сопредельных помещений через специально отведенные проемы или выводится из этого помещения наружу.

К местной приточной вентиляции относят воздушные души (сосредоточенное поступление воздуха с высокой скоростью). Их цель - подавать свежий воздух к местам постоянной работы, понижать в этой зоне температуру воздуха и продвигать рабочих, которые подвергаются усиленному тепловому облучению.

Местную приточную вентиляцию используют также в качестве воздушных завес (у печей, у ворот и прочее), создающие воздушные перегородки или меняют направленные потоки воздуха. Местная вентиляция не требует больших затрат, по сравнению с общеобменной. В рабочих помещениях при выработке вредных веществ, обычно используют смешанный тип вентиляции - общую для удаления вредностей во всей величине помещения и местную (местные отсосы и приток) для обслуживания рабочих мест.

Местной вентиляцией понимается такая вентиляция, воздух при которой подает на установленные места (местная приточная вентиляция) и отработанный воздух устраняют только от появления мест вредных образований (местная вытяжная вентиляция).

Местная вытяжная вентиляция применяется, когда вредные отработки производства, газы, дым, пыли, и частично тепло образуются локализовано, к примеру, от оборудования в производстве или на кухне от плиты. Такой тип вентиляции улавливает и отводит вредности, предотвращая их распространение по всему рабочему помещению, к вытяжной местной вентиляции относят локальные отсосы- укрытия под видом шкафов или кожухов у рабочего оборудования, бортовые отсосы, вытяжные зонты и пр. Так же к местной вентиляции бывают в

виде воздушных завес, т.е. воздушные преграды, не позволяющие отработанному воздуху проникнуть из одного соседнего помещения в другое.

Основные условия, которым должна соответствовать вытяжная местная вентиляция:

1. Появления мест вредных выделений, насколько это, возможно, должен быть полностью укрыто.

2. Устройство местного отсоса должен быть смонтирован так, чтобы отсос не мешал рабочему процессу и не уменьшал его производительность.

Вредные производственные отработки надо удалять от места их выделения по направлению их обычного движения (горячие пары и газы необходимо удалять вверх, тяжелые холодные газы и пыль по нижнему направлению).

Устройство местных отсосов можно условно разделить на три группы:

1. Полуоткрытые отсосы (зонты, вытяжные шкафы). Объемность воздуха рассчитываются вычислениями.

2. Открытого типа, на вид как конструкции бортовых отсосов. Отток вредных образований достигается лишь при значительных объемах высасываемого воздуха.

Преимущества: Местные вытяжные механизмы весьма производительны, потому как позволяют устранять вредные отработки непосредственно от их места выделения или образования, не позволяя им распространяться в помещении. За счет большой концентрации вредных выделений (газов, паров, пыли), обычно, получается, достичь хорошего санитарно-гигиенического результата при малом объеме удаляемого воздуха.

Недостатки: Местные системы вентиляции не способны решить все задачи, которые стоят перед вентиляцией помещения. Не все вредные образования могут быть удалены данными системами. К примеру, когда вредные образования рассредоточены на большой площади или объеме, приток воздуха в отдельные секции помещения не может воспроизвести необходимую микрофлору воздушной среды. Происходит то же самое, если работа организовывается на всех площадях помещения или ее особенность связана с перемещением и прочее.

Общеобменные типы вентиляции – как вытяжные, так и приточные предназначаются для обеспечения вентиляции в помещении в общем или в значительной отдельной его части.

Общеобменные вытяжные механизмы относительно в равных долях удаляют отработанный воздух из всего обслуживаемого помещения, а общеобменные приточные механизмы доставляют воздух и перераспределяют его по всеобщей величине вентилируемого помещения.

Общеобменную приточную вентиляцию подключают для ассимиляции избытков тепла и влаги, а так же разбавленные вредные примеси паров и газов, не устраненных общеобменной и местной вытяжной вентиляцией. Помимо этого применяют для обеспечения рассчитанных санитарно-гигиенических стандартов и в дальнейшем комфортного дыхания человека в рабочем помещении.

При не стабильном тепловом балансе, т. е. при нехватке тепла, приточную общеобменную вентиляцию монтируют вместе с механическим побуждением и с подогреванием всего приточного воздуха. Как обычно, перед тем как подавать воздух, оно поддается фильтрации от пыли.

При притоке вредных образований в воздух рабочего помещения, объем приточного воздуха должен в полной величине компенсировать местную и общеобменную вытяжную вентиляцию.

Общеобменная вытяжная вентиляция является одним из простейших типов вытяжных систем вентиляции, который выступает в виде отдельного вентилятора (обычно осевого типа) с электрическим двигателем на одной оси, который расположен в отверстии стены или на окне. Такое устройство устраняет воздух вблизи от зоны к вентилятору помещения, осуществляя только общую воздухообменную циркуляцию.

В зданиях промышленного назначения, где есть разного рода вредные выделения, например чрезмерная влага, газы, пары, пыль, избыточная теплота и т. п., и их приток в помещение создается в различных условиях (на различных уровнях, сосредоточенно, рассредоточено и прочее), в частых случаях нельзя обойтись какой-либо одной конструкцией, к примеру, общеобменной или местной.

В помещениях такого предназначения для устранения вредных образований, которых невозможно локализовать, и те когда в свою очередь смешиваются с воздухом помещения, используют общеобменные вытяжные конструкции.

Чистый воздух является одним из значимых условий существования жизни как таковой. Но в воздухе особо часто содержатся примеси, объем которых зависит от многих факторов. Для устранения загрязненности наружного воздуха применяются различные меры.

Воздух в зданиях изначально загрязняется примесями, содержащимися в уличном воздухе. Газ, который мы вдыхаем, есть смесь наружного воздуха и примесей, которые выделяются строительными производствами, машинами и иными источниками загрязнения. Современные дома обычно отличаются плотной изоляцией, по этой причине внутри зданий интенсивно накапливаются вредные воздушные примеси, если для их устранения не применяются специальные системы.

Где бы люди ни находились - дома, в школе или на работе, при вдыхании чистого воздуха их работоспособность и самочувствие улучшаются. Исследовательские результаты показывают, что с лучшей вентиляцией на рабочем помещении снижается количество заболеваний (а, вследствие, и отпусков по болезни) среди сотрудников. Это предвещает на необходимость повысить качество воздуха.

Качество воздушной микрофлоры неизбежно связано с вентиляцией. Снижение объема кислорода и увеличение объема углекислого газа приводит к состоянию духоты в помещениях. Высокая концентрация углекислого газа вызывает кислородное голодание мозга, удушье, сердечную недостаточность. Повышенный примесь в воздухе пыли, дыма от табака и других вредных веществ отравляет организм человека. Неприятные запахи причиняют дискомфорт или вызывают раздражение нашей нервной системы, понижают трудоспособность. Высокая скорость воздуха вызывает чувство сквозняка, а низкая приводит к застою воздуха в разных частях зданий, что приводит к ускоренному размножению плесени и бактерий. Будучи в помещении, мы на себе ощущаем воздействие любых из этих факторов. Именно по причине отсутствия циркуляции воздушных масс, ненадлежащего проветривания и недостаточного поступления свежего воздуха в помещении создаются условия, при котором негативные вещества могут воздействовать на человека, представляя прямую угрозу его здоровью.

Большими темпами увеличивается количество людей, болеющих разными видами аллергии. Наука даже не в состоянии дать объяснение причине столь обширного распространения данного заболевания. Очень значимым фактором является среда внутри помещения. Вследствие этого, уменьшение заболеваемости аллергией непосредственно связано с качеством повышения вентиляционной системы.

На данный момент практически не существует ограничений для повышения качества в помещении воздуха. В этой части разработаны современные стандарты и требования, которые должны, без каких-либо сомнений выполняться. Вряд ли найдется такой человек, который будет отрицать значимость исследований воздействия качества воздуха на наше самочувствие и здоровье. В отчете правительства о состоянии окружающей среды и здравоохранения (№ SOU 1996: 124) разработанная главная задача госкомиссии по изучению этого вопроса: «Должно быть исключено вероятность заболевания или ухудшение самочувствия из-за плохого качества внутренней микрофлоры помещения».[3]

Список литературы:

1. Местная вентиляция [Электронный ресурс] <http://www.veervent.ru/uslugi/mestnaya-ventilyatsiya> (Дата обращения 28.10.2014 г.)
2. Е.В. Глебова Производственная санитария и гигиена труда: Учебное пособие для вузов / Е.В. Глебова. - 2-е издание, переработанное и дополненное — М: Высшая школа, 2010. - 382 с.
3. Пшеничников А. Л. Менеджер по охране труда. Учебное, М.: Издательство, 2011.

Аксиомы о потенциальной опасности техносферы

Туякпаева Е.А., Орлова К.Н.

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Юрга, Россия

Одной из самых важных понятий безопасности жизнедеятельности является - "аксиома о потенциальной опасности производственных процессов и технических систем".

Актуальность работы обусловлена тем, что в современном мире человек сталкивается с вредными воздействиями, живет в мире опасности со стороны природных, антропогенных, технических, экологических, социальных факторов.

При проведении общественной практической деятельности на практике дает основание того, что существующие различные деятельности потенциально опасны.

Любые потенциальные виды деятельности могут оказать негативные воздействия на человека, приведя к травматизму, к различным заболеваниям, а порой заканчиваются полной потерей жизнеспособности или смертью. Любая деятельность, каким бы не был должен приносить лишь полезные стороны для своего же существования. Поэтому любая деятельность может навредить человеку.

Писатель К.Д. Ушинский говорил: «Труд - не игра и не забава - всегда серьезен и тяжел, только полное сознание необходимости достичь той или иной цели в жизни может заставить человека взять на себя ту тяжесть, которая составляет необходимую принадлежность всякого истинного труда».

Потенциальная опасность проявляется в скрытом и неявном характере.

Так, например, человек находящийся в помещении постоянно, где концентрация CO₂ в воздухе повышена, не ощущает до тех пор, пока не повысится. Атмосферный воздух в норме должен быть 0,05 % CO₂. Если долго находиться в аудитории уже проявляется усталость, вялость, ухудшается работоспособность. Но при этом организм человека хорошо реагирует на физиологические процессы: изменяется частоты и ритмы дыхания, повышается или падает артериальное давление и многое другое, которые могут привести к серьезной травме.

В любой сфере жизнедеятельности человека потенциально опасна и при этом, являясь аксиомой, имеет важное профилактическое значение при решении практических и теоретических вопросов безопасности.

На сегодняшний день аксиомы прослеживаются на всех уровнях развития системы "человек - среда - обитания". Еще на ранних этапах, когда еще и не было технических средств, на человека воздействовали негативные факторы естественного происхождения (повышенность и пониженность температуры воздуха, осадки, стихийные явления и т.д.). В современном мире уже появились негативные факторы техногенного происхождения - вибрации, шум, электромагнитное поле, ионизирующие излучения и др.

В промышленных и сельскохозяйственных производствах, средствах транспорта каждый день происходят выбросы, загрязняют окружающую среду, и создает вред, опасность на здоровье человека. [1]

На сегодня существует ряд аксиом об опасности технических систем:

Первая аксиома. Потенциальная опасность есть в любой технической системе, проявляя скрытый характер в определенных условиях. При функционировании видов технической системы ни как невозможно достичь абсолютной безопасности.

Вторая аксиома. Техногенные, как и другие опасности превышают пороговые значения и действуют при повседневном потоке веществ, энергии в техносфере. Пороговые и предельно допустимые значения потенциальной опасности определяются из условия сохранения функциональной, а также целостности человеческой и природной среды. Чтобы создать безопасные условия нормальной жизнедеятельности необходимо лишь создать предельно – допустимые значения в жизненном пространстве и исключить негативные факторы техносферы, которые бы повлияли на природную среду.

Третья аксиома. Элементами техносферы являются источники техногенных опасностей. При неправильном использовании технических систем создаются опасности и возникают дефекты и иные неисправности в системе. Техническая неисправимость и различные по характеру нарушения режимов в системе приводит к различным опасным ситуациям, например, возникновение опасных травм, а выбрасывание отходов (попадание твердых веществ на поверхность земли, стоки в гидросферу) при этом сопровождается формированием негативных воздействий на человека и на природную среду.

Четвертая аксиома. Техногенные негативы могут действовать во времени и в пространстве. Травмоопасные воздействия приходят быстро, спонтанно за короткое время периода в ограниченном пространстве. Например, при возникновении непредвиденных аварии, катастроф, при взрывах, разрушениях зданий и сооружениях (аварии ЧАЭС).

Длительные и периодические негативные воздействия характерны для человека и на природную среду. Пространственные зоны вредных воздействий изменяются в широких пределах от рабочих и бытовых зон до размеров всего земного пространства. К ним относятся выбросы парниковых и озоноразрушающих газов, попадание радиоактивных веществ в атмосферу и т.п.

Пятая аксиома. Элементы техносферы воздействует на человеческую сферу и на природную среду негативно и техногенные опасности одновременно. Человек и окружающая его

техносфера находятся в непрерывном энергетическом, материальном и информационном обмене и образуют постоянную пространственную систему «человек-техносфера». Также есть такая система «техносфера - природная среда». Техногенные опасности негативно действуют на все составляющие, если попадают в зону опасностей.

Шестая аксиома. Техногенные опасности очень сильно действуют на все живое и осложняют организм людей, приводят к травмам, материальным потерям и к деградации природной среды.[2]

Потенциальная опасность как явление - это возможность воздействия на человека неблагоприятных или несовместимых с жизнью факторов. По степени и характеру действия на организм все факторы можно разделить на:

1. Вредные;
2. Опасные.

К вредным воздействиям относятся такие негативные факторы, которые приводят к различным заболеваниям, к тяжелым обострениям и снижению работоспособности. Под снижением работоспособности понимаются исчезновение после отдыха и большого перерыва в результате активной деятельности.

К опасным воздействиям относятся такие факторы, которые приводят по степени тяжелым травматическим повреждениям или резким и быстрым нарушениям здоровья.

В практике существует защитные мероприятия от риска, позволяющие поддерживать достигнутый уровень безопасности, которые иначе называют концепцией приемлемого риска. Для различных видов деятельности вероятностью смертельности, опасности риска оцениваются по степени.

Опасными зонами называют определенно пространственные зоны, проявления опасных и вредных факторов особенно они находятся в производственной и в какой-то опасной среде обитания. В большинстве случаев там огромный риск возникновения несчастных случаев.

Чтобы не попасть в опасную зону необходимо правильно организовать свою деятельность, соблюдая при этом технику безопасности, все время следить за исправностью технических систем после этого большая вероятность того что вы обезопасите свое собственное здоровье и от несчастных случаев. Человек находясь в опасной зоне, не должен нарушать внутреннюю и внешнюю технику безопасности, при этом может избежать несчастных случаев

Какой бы деятельностью не сталкивался человек, где бы не находился, всегда есть скрытые силы, представляющие для него угрозу – это потенциальные опасности. Наличие постоянных опасностей вокруг человека (транспорт, улица и т.д.) как дома, так и в помещении, вовсе не означает, что существует какое-то несчастный случай. Для причины существует ряд определенных условий, чтобы произошло несчастные условия.

Сейчас век совершенствования техники, нововведения наряду этим возрастает экологические и иные катастрофы. Поэтому, чтобы избежать катастроф, надо прислушиваться к прогнозам различного рода бедствия.

Каждый человек должен обезопасить себя от различных бедствий, готовясь заранее, и быть готовым, чтобы противостоять любой катастрофе:

1. прогнозирование и распознавание опасности, и готовность избегать их.
2. Предвидение опасности об окружающих нас катастроф и собственных возможностях.
3. При необходимости быстро и грамотно действовать.

Для вредных воздействий характерно длительное или периодическое негативное влияние на окружающую среду. Пространственные зоны вредных воздействий существует в широких пределах от рабочих и бытовых зон до размеров всего земного пространства.

Техногенные опасности оказывают вредные воздействие на человеческую и на природную среду и элементы техносферы одновременно, если последние оказываются в зоне влияния опасностей.

Воздействие травмоопасных факторов приводит к тяжелым травмам или гибели людей, приводят к очаговыми разрушениями природной среды и техносферы, а также к значительным материальным потерям.

Применив защитные меры, усовершенствовав технические устройства мы увеличим уровень безопасности [3]

Список литературы:

1. Аксиома о потенциальной опасности производственных процессов и технических систем [Электронный ресурс] <http://otherreferats.allbest.ru/> (Дата обращения 01.11.2014г.)

2. Аксиома потенциальной опасности [Электронный ресурс] http://studopedia.ru/1_95579_aksiomi-bezopasnosti-zhiznedeyatelnosti.html (Дата обращения 28.10.2014г.)
3. Аксиома о потенциальной опасности процесса взаимодействия человека со средой обитания [Электронный ресурс] <http://cribs.me/bezopasnost-zhiznedeyatelnosti-bzhd/aksioma-opotentsialnoi-opasnosti-protssessa-vzaimodeistviya-cheloveka-so-sredoi-obitaniya> (Дата обращения 10.10.2014г.)

Разработка когенерационной установки на базе газогенератора и оцр-электрогенератора, работающей на биотопливе влажностью до 40%

Жуков А.В., Федорев С.А., Щеклеин С.Е.

Уральский федеральный Университет, г. Екатеринбург, Россия

В лесном хозяйстве страны существует проблема утилизации отходов. Только в Свердловской области, для примера, ежегодно образуется более 270 тысяч кубометров отходов лесопильных производств. Большая часть их вывозится на незаконные свалки. Сейчас бизнес не заинтересован в том, чтобы организовать переработку отходов на месте, а вывозить их из-за серьезных транспортных расходов невыгодно. Особенно это касается мелких лесопилок. С другой стороны предприятия лесоперерабатывающей отрасли испытывают дефицит электрической мощности при расширении производства. [1]

Весьма значительна в малом электроснабжении задача обеспечения энергией удалённых мест проживания. Когда, например, за 10км тянется ЛЭП для энергообеспечения 50-100 человек (проблема обслуживания линии, кап. затраты). Ветряные и солнечные источники альтернативной энергии далеко не всегда годятся в регионах нашей страны по климатическим условиям (в частности Свердл.обл.).

Идея: использование отходов деревоперерабатывающей промышленности для получения тепловой и электрической энергии.

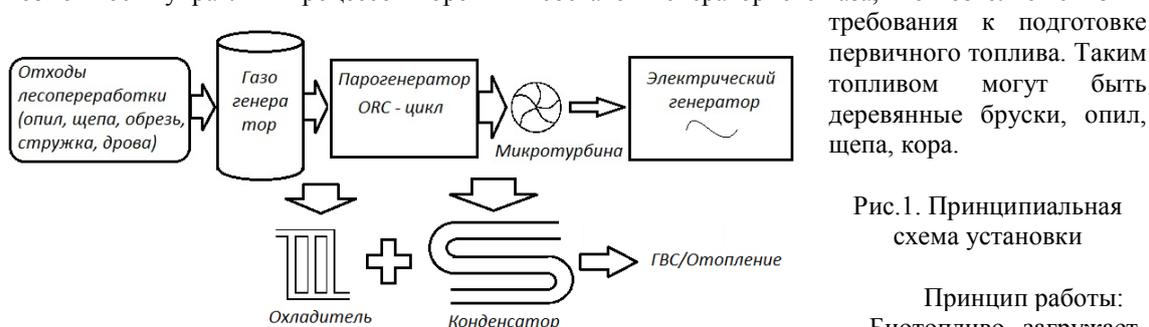
Из существующих решений можно выделить три основных направления:

1) Сжигание. Неэффективно при различных значениях влажности отходов, низкий КПД установок. Большой объём установок, сложность регулирования вырабатываемой мощности. Экологически "грязный" метод.

2) Утилизация. Имеют место только затраты без какого-либо полезного эффекта. Необходимость в значительных территориях под складирование и захоронение отходов производства и нарушение экосистемы лесов.

3) Пиролиз. Получаем высоко ликвидный синтез-газ, удобный для дальнейшего использования. Калорийность синтез-газа выше, чем у первичного топлива. Также имеется возможность подготовки первичного топлива от низкопотенциального тепла газогенератора. [2]

Проанализировав особенности каждого из методов приходим к целесообразности применения пиролизной газогенераторной установки. В настоящее время, учитывая появление новых материалов, а также элементов систем автоматизации процессов горения, мы имеем возможность управлять процессом горения и составом генераторного газа, что позволяет снизить



требования к подготовке первичного топлива. Таким топливом могут быть деревянные бруски, опил, щепа, кора.

Рис.1. Принципиальная схема установки

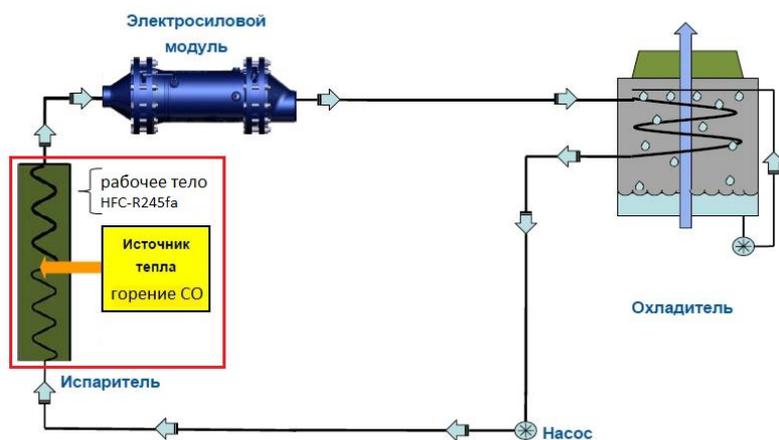
Принцип работы:

Биотопливо загрузается в газогенератор для получения генераторного газа. Полученный газ используется для нагрева рабочего тела ОЦР-парогенератора и для подготовки первичного биотоплива. Выходной пар вращает турбину, соединённую с валом электрогенератора. Электрогенератор должен работать автономно, либо параллельно с сетью. В качестве рабочего тела ОЦР-электрогенератора (органический цикл Ренкина) используется хладагент R245fa с температурой испарения 121 град.С

при давлении 19,6 бар. Паровая фаза данного хладагента позволяет использовать низкие температуры для выработки электрической энергии. Снижается эрозия элементов установки.

В отличие от существующих образцов газогенератор оснащается установкой системы управления подачей воздуха и пара с обратной связью по химическому составу генераторного газа, его расходу и температуре зоны горения. Система управления используется для стабилизации процесса газификации, обеспечения требуемого химического состава генераторного газа, защиты котла от перегрева, а также система управления позволяет снизить требования к используемому топливу (увеличение диапазона допустимой влажности топлива с 0-14% до 0-40%).

Установка оснащается газоанализатором с каналами измерения CO , CO_2 , H_2 ; расходомером и датчиками температуры газа и зоны горения. Контроллер формирует управляющие сигналы для систем подачи пара/кислорода в активную зону горения. Контроль температуры газа необходим, т.к. при определённых температурах усиливаются реакции окисления. Реакции окисления смещают содержание «ненужного газа» CO_2 в сторону увеличения, а горючего газа CO – уменьшения. Более того, сам котёл может перегреться и выходить из строя, что крайне нежелательно. Снижение же температуры газификации топлива ведёт к нестабильной выработке мощности. [3, стр.24]



Управление подачей воздуха и пара осуществляется в функции химического состава генераторного газа, его расхода и температуры зоны горения.

Рис.2. Паровой цикл установки

Новизна предлагаемого решения заключается в использовании в когенерационной установке высоколиквидного промежуточного топлива – генераторного газа, который может быть использован при

получении электрической энергии, в технологии подготовки первичного биотоплива, а также в газовых водогрейных котлах. Низкокипящая жидкость в паровом цикле позволяет использовать низкие температуры кипения, что, кроме всего прочего, ведёт к возможности производства установок малой мощности. В самом же газовом генераторе применён особый алгоритм, реализованный в системе управления процессом газификации через контроллер. Когенерация, использованная в нашей установке эффективнее раздельного использования топлива на 30-35%. [4]

Среди альтернатив и конкурентов данной разработки можно выделить три основных типа: дизель-генераторы, биогазовые установки, импортные газогенераторы. Дизель-генераторы используют в своей работе дорогое первичное топливо - ДТ, которое ко всему создаёт дополнительные трудности доставки при работе в удалённых районах. Шум при работе, использование масла и значительный выброс CO_2 также ограничивают использование этих источников энергии. Эффективность биогазовых установок сильно зависят от эффекта масштаба, имеют громоздкость, обладают статичностью и нерентабельны при использовании в местах с континентальным климатом. Импортные газогенераторы используют в качестве силового агрегата двигатель внутреннего сгорания, что значительно снижает срок службы установки. Зарубежные установки требовательны к характеристикам топлива и обслуживанию, отличаются дороговизной.

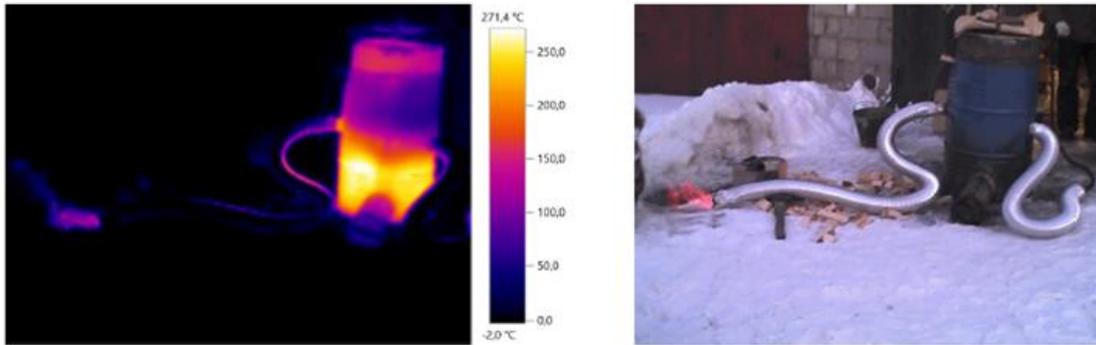
В текущий момент времени выполнена металлоконструкция опытного образца газогенератора. Проведены начальные исследования, оптимизирована температура горения.

Для дальнейшей работы над установкой следует провести ряд исследований по определению эффективности газогенератора на различных видах топлива, по снятию рабочих характеристик ОЦР-парогенератора.

Файл:
IV_00640.BMT

Дата:
28.02.2014

Время:
17:18:56



Коэффициент излучения: 0,95

Рис.3. Газогенератор. Термограммы

Разработан лабораторный прототип парогенератора для проведения исследований на органических жидкостях.



Рис.4. Экспериментальный парогенератор

Планируется разработать и создавать серийные газогенераторные установки малой и средней мощности (от 10 до 200 кВт) для производства электроэнергии и тепловой энергии в лесоперерабатывающих и частных хозяйствах.

Выводы:

1. Данная разработка избавляет лесоперерабатывающий комплекс от проблемы отходов, которые являются причиной пожаров и нарушают экосистему лесов. Вывоз же сопряжён с большими расходами.
2. С другой стороны когенерационная установка покрывает дефицит мощности при расширениях производства или даёт возможность предприятиям продавать энергию «на сторону».

3. Данная мера частично решит вопрос занятости жителей отдалённых сёл, а также будет способствовать развитию малого бизнеса.
4. Данная работа весьма актуальна, что подчёркивает Постановление Правительства РФ «План мероприятий по созданию благоприятных условий для использования возобновляемых древесных источников для производства тепловой и электрической энергии», предусматривающее меры по стимулированию потребления неликвидных древесных материалов (низкосортной древесины, отходов заготовки, отходов переработки). [5]

Список литературы:

1. Сайт "Деньги в бизнес", статья " В свердловской области из отходов древесины хотят делать электроэнергию" [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.dengi-v-biznes.ru/events/0/2010/03/05/1204>
2. Сайт "ПромВуд", статья "Использованная древесина - незадействованный резерв сырья [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://www.promwood.com/byotoplyvo/utylyzacyja_othodov/2162.html
3. Токарев Г.Г. Газогенераторные автомобили, изд. М: МАШГИЗ, 1955. - 206 с.
4. Данилов Н.И., Щелоков Я.М. Основы энергосбережения: учебник, Екатеринбург, 2011. - 592 с.
5. Сайт "Консультант", документ "План мероприятий по созданию благоприятных условий для использования возобновляемых древесных источников для производства тепловой и электрической энергии" (утв. Правительством РФ 31.05.2013 N 3028п-П9) [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_152146/#p66

Особенности процесса сжигания биогаза

Сулов Д.Ю., Куцев Л.А., Рамазанов Р.С.

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
г. Белгород, Россия*

Аннотация. Работа посвящена решению проблем, связанных со сжиганием биогаза с повышенным содержанием углекислого газа. Определены основные теплофизические свойства биогазового топлива. Разработана оригинальная конструкция газогорелочного устройства, обеспечивающего оптимальные условия сжигания биогаза.

Ключевые слова: биогаз, метан, реакции горения, газогорелочное устройство.

В настоящее время наиболее эффективным и экологичным источником энергии является природный газ. Однако в ряде развитых сельскохозяйственных регионах РФ, там, где населенные пункты удалены от магистральных систем газоснабжения, возникает необходимость применения альтернативных источников энергии для создания комфортных условий проживания и работы людей.

Одним из перспективных источников энергии является биогаз, получаемый в процессе анаэробного брожения в специальных установках.

Биогазовые технологии получили широкое распространение в развитых странах Европы, Америки и Азии. Лидером по внедрению биогазовых установок является ФРГ, в которой эксплуатируется более 15000 станций, также большое количество установок работает в Дании, Франции, США и Китае. В странах СНГ количество установок не превышает 200 единиц [1-3].

Химический состав биогаза, в отличие от природного газа, характеризуется сравнительно не высоким содержанием метана, количество которого не превышает 70%. Поэтому биогаз как топливо характеризуется сравнительно невысокой теплотой сгорания, следовательно, при сжигании биогаза в стандартном газовом оборудовании возникают определённые проблемы. Вследствие этого для сжигания биогаза требуется разработка оригинального газогорелочного оборудования.

Определим основные теплофизические свойства биогазового топлива следующего состава: $CH_4 = 68\%$, $CO_2 = 28\%$, $N_2 = 1\%$, $H_2S = 2\%$.

Низшая теплота сгорания газа определяется в зависимости от состава [4]:

$$\begin{aligned}
 Q_n^p = & 357,97CH_4 + 636,39C_2H_6 + 912,72C_3H_8 + 1189,05C_4H_{10} + \\
 & + 1465,38C_5H_{12} + 590,34C_2H_4 + 858,29C_3H_6 + 1134,62C_4H_8 + \\
 & + 108,02H_2 + 126,44CO + 234,46H_2S
 \end{aligned} \quad (1)$$

где 357,97; 636,39; 912,72; 1189,05; 1465,38; 590,34; 858,29; 1134,62; 108,02; 126,44; 234,46 – низшая теплота сгорания 1% сухой части соответственно метана, этана, пропана, бутана, пентана, этилена, пропилена, бутилена, водорода, оксида углерода и сероводорода в процентах по объему.

Применительно к биогазу формула (1) примет вид:

$$Q_n^p = 357,97CH_4 + 234,46H_2S, \quad (2)$$

и с учетом химического состава исследуемого биогаза:

$$Q_n^p = 357,97 \cdot 68 + 234,46 \cdot 2 = 24810,88 \text{ кДж/м}^3 \quad (3)$$

Пределы воспламенения горючих газов определяется по следующим формулам [5]:

$$\varphi_H = \frac{100}{\frac{P_1}{\varphi_{H1}} + \frac{P_2}{\varphi_{H2}} + \dots + \frac{P_n}{\varphi_{Hn}}}; \quad (4)$$

$$\varphi_B = \frac{100}{\frac{P_1}{\varphi_{B1}} + \frac{P_2}{\varphi_{B2}} + \dots + \frac{P_n}{\varphi_{Bn}}} \quad (5)$$

где $\varphi_{H1}, \varphi_{H2}, \dots, \varphi_{Hn}; \varphi_{B1}, \varphi_{B2}, \dots, \varphi_{Bn}$ – соответственно нижние и верхние пределы воспламенения компонентов горючего газа, %;

P_1, P_2, \dots, P_n – процентное содержание составляющих компонентов, %.

Используя известные значения пределов воспламенения компонентов, входящих в состав газа получим:

$$\varphi_H = \frac{100}{\frac{68}{5,3} + \frac{2}{4,3}} = 7,52\% \quad (6)$$

$$\varphi_B = \frac{100}{\frac{68}{14} + \frac{2}{46}} = 20,41\% \quad (7)$$

Скорость распространения фронта пламени для горючего газа определяется по формуле [5,6]:

$$U_H = \frac{P_1 U_{H1} + P_2 U_{H2} + \dots + P_n U_{Hn}}{P_1 + P_2 + \dots + P_n}, \quad (8)$$

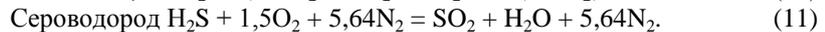
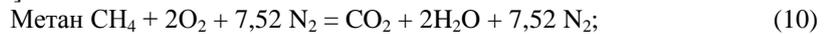
где $U_{H1}, U_{H2}, \dots, U_{Hn}$ – нормальные скорости распространения пламени соответственных компонентов, см/с.

Нормальная скорость распространения пламени биогаза составит:

$$U_H = \frac{(68 \cdot 34)}{100} = 23,12 \text{ см/с}. \quad (9)$$

Основной проблемой при проектировании газовых горелок является расчёт площади эжекционного отверстия для подачи воздуха, которая зависит от теоретического объёма воздуха необходимого для полного сгорания 1 м³ газа.

Расход кислорода и воздуха определяется на основе уравнений горения компонентов, входящих в состав биогаза [7].



В соответствии с этими уравнениями горения компонентов газообразного топлива, объём кислорода, необходимый для сгорания 1 м³, подсчитывают по формуле:

$$V^0 = 0,01[1,5H_2S + 2CH_4], \quad \text{м}^3 \quad (12)$$

$$V^0 = 0,01[1,5 \cdot 2 + 2 \cdot 68] = 1,39 \quad \text{м}^3 \quad (13)$$

Объём воздуха V_B^0 , необходимый для горения газа, определим исходя из содержания в воздухе 21% кислорода (по объёму):

$$V_B^0 = \frac{100}{21} V_{O_2}^0 = 4,76 \cdot V_{O_2}^0 \quad \text{м}^3 \quad (14)$$

$$V_B^0 = 4,76 \cdot 1,39 = 6,62 \text{ м}^3. \quad (15)$$

Известно, что среднее значение теоретически необходимого объема воздуха для полного сгорания природного газа составляет примерно $9,85 \text{ м}^3$, что в сравнении с определенным выше объемом, необходимым для полного сгорания биогаза равным $6,62 \text{ м}^3$ является в 1,5 раза больше.

Из сравнения данных величин можно сделать вывод, что горелка для сжигания биогаза требует конструктивных изменений элементов газогорелочного устройства.

Нами предложена оригинальная конструкция газогорелочного устройства для сжигания биогаза [8]. Принципиальной особенностью данного устройства является измененная геометрическая форма конфорки и наличие регулятора подачи первичного воздуха. Эти конструктивные решения позволяют интенсифицировать процесс горения биогаза с повышенным содержанием CO_2 .

**Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-48-08039. «Разработка физико-химических и технологических основ процесса получения биогаза в биореакторах с барботажным перемешиванием субстрата».*

Список литературы:

1. Суслов Д.Ю. Разработка системы газоснабжения сельскохозяйственного предприятия с использованием биогаза / Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. №4. С.183-186.
2. Пармухина, Е. Биогаз: делаем деньги из отходов производства // Persona Grata. – 2011. – №12. – С. 35-41.
3. Дейнеко А.А., Суслов Д.Ю. Развитие биогазовых технологий в РФ / Современные наукоемкие технологии. 2014. № 7. С. 64-67.
4. Кушев Л.А., Суслов Д.Ю. Расчет экономической эффективности использования биогазовой установки с барботажным реактором / Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. №5. С.183-186.
5. Гуськов Б.И., Кряжев Б.Г. Газификация промышленных предприятий: Учебник для техникумов – М.: Стройиздат, 1982. – 368 с., ил.
6. Газовые топлива и их компоненты. Свойства, получение, применение, экология: справочник / В.Н. Бакулин, Е.М. Брещенко, Н.Ф. Дубовкин, О.Н. Фаворский. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 614 с.: ил.
7. Делягин Г.Н., Лебедев В.И., Пермяков Б.А., Хаванов П.А. Теплогенерирующие установки: Учеб. Для вузов. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: ООО «ИД Бастет», 2010. – 624 с.: ил.
8. Заявка на Патент РФ №2014136594, 09.09.2014. Горелка для сжигания биогаза / Кушев Л.А., Суслов Д.Ю., Рамазанов Р.С., Темников Д.О.

Возможность применения безопасного процесса сжигания твердых бытовых отходов

Мухаметшина Э.И., Вацагина Е.К.

Исследовательский центр проблем энергетики Федерального государственного учреждения науки Казанского научного центра Российской академии наук, г. Казань, Россия

Рост потребления, особенно в крупных городах России, приводит к увеличению объемов образования бытовых отходов. По данным Росприроднадзора основной технологией утилизации таких отходов в нашей стране является их захоронение на полигонах, а также на санкционированных и несанкционированных свалках.

Наиболее остро проблема обращения с отходами ощущается в крупных городах, например, таких как Казань. В Казани ежедневно вывозится до 1000 тонн, а в выходные и праздники - до 1500 тонн бытового мусора, Это примерно на 200 тонн больше, чем два-три года назад. Каждый житель Казани производит по 1-1,5 кг. мусора в день, или 330-350 кг. в год.

В Казани действует двухступенчатая система сбора твердых бытовых отходов с глубокой сортировкой и брикетированием мусора. Строительство мусороперегрузочных и сортировочных станций позволило размещать отходы, добиваясь максимального уплотнения на полигоне. Когда мусор прессуется в брикеты, его объем сокращается в 8-10 раз. Однако, несмотря на высокую эффективность захоронения отходов в виде брикетов, не все отходы подлежат брикетированию. Несовершенство системы сбора отходов приводит к тому, что отходы смешиваются и в них попадает значительное количество абразивных фракций. Основная масса отходов - это органическая, но и существенно возрастает доля упаковочных материалов из бумаги, картона и

полиэтилена и др. И всё-таки, такие полигоны являются минами замедленного действия, они существуют несколько десятков лет и наносят колоссальный социальный и экологический ущерб населению и природной среде.

На сегодняшний день, удаление и обезвреживание твердых бытовых отходов остается одной из наиболее актуальных проблем экологии, гигиены и санитарного благополучия города. Одним из способов обезвреживания является процесс сжигания.

Сжигание отходов позволяет:

- провести полное обеззараживание бытовых отходов;
- уменьшить объем отходов в 10-20 раз, а массу – в 3-4 раза;
- значительно сократить содержащиеся в отходах загрязняющие вещества;
- производить инертные, не способные к негативному воздействию на окружающую среду остатки отходов, которые могут экологически безопасно складироваться на полигонах, либо использоваться после дополнительной обработки;
- использовать содержащуюся в отходах энергию;
- заменить природные энергоносители, такие как нефть, природный газ или уголь и таким образом способствовать сохранению природных ресурсов.

С точки зрения ресурсосбережения приоритетным направлением в сфере обращения с отходами является переработка отходов с целью их вторичного использования [1 - 4]. Твердые бытовые отходы представляют собой гетерогенную смесь, в которой могут находиться все химические элементы в виде различных соединений. В процессе сжигания в атмосферу выбрасывается огромное количество опасных веществ характеризующиеся высокой токсичностью, летучестью и содержанием соединений азота, серы, тяжелых металлов. В настоящее время не существует идеальных решений для полного устранения образования выбросов. Поэтому необходимо проведение исследования процесса горения отходов в реакторе печи. Таким образом разработана математическая модель, которая позволит проследить процесс образования токсичных компонентов в дымовых газах и минимизировать их влияние на окружающую среду.

Математическая модель представляет собой векторное уравнение закона сохранения импульса для смеси газов и твердых частиц распадается на два уравнения движения вдоль координатных осей:

$$\begin{aligned} \rho_{sm} \left(\frac{\partial v_r}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + v_z \frac{\partial v_r}{\partial z} \right) &= -\frac{\partial p}{\partial r} + \frac{2}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left((\mu + \mu_t) r \frac{\partial v_r}{\partial r} \right) + \\ &+ \frac{\partial}{\partial z} \left((\mu + \mu_t) \left(\frac{\partial v_r}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) \right) - (\mu + \mu_t) \frac{v_r}{r^2} + \frac{2}{3} \frac{\partial}{\partial r} \left(k - (\mu + \mu_t) \left(\frac{1}{r} \frac{\partial r v_r}{\partial r} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) \right), \\ \rho_{sm} \left(\frac{\partial v_z}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_z}{\partial r} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) &= -\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left((\mu + \mu_t) r \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left((\mu + \mu_t) \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) + \\ &+ \frac{1}{3} \frac{\partial}{\partial r} \left((\mu + \mu_t) \left(\frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) \right) + \frac{2}{3} \frac{\partial}{\partial z} \left(k - (\mu + \mu_t) \left(\frac{1}{r} \frac{\partial r v_r}{\partial r} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) \right), \end{aligned}$$

где: μ - динамический коэффициент вязкости, Па·с; μ_t - коэффициент турбулентной вязкости, Па·с; p - давление, Па; g - ускорение свободного падения, м/с².

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$$

где $C_\mu = 0,09$ эмпирическая константа; k - кинетическая энергия турбулентности в цилиндрической системе координат, м²/с²; ε - скорость диссипации кинетической энергии турбулентности, м²/с³. В этом случае к системе уравнений добавляются уравнения модели SST (Shear Stress Transport).

SST модель представляет собой комбинацию k - ε и k - ω моделей, Модель k - ω обеспечивает более точное описание пристеночных пограничных слоев.

$$\text{Для этой модели } \mu_t = \frac{a_k k}{\max(a_k \omega, \Omega F_2)}.$$

В общем виде уравнения переноса кинетической энергии турбулентности k уравнение в общем виде запишется как

$$\frac{\partial \rho_{sm} k}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla (\rho_{sm} k) = \nabla \cdot ((\mu + \sigma_k \mu_t) \nabla k) + P_k - \rho_{sm} \beta^* \omega k,$$

или

$$\frac{\partial \rho_{sm} k}{\partial t} + \vec{v} \cdot \text{grad} (\rho_{sm} k) = \text{div} ((\mu + \sigma_k \mu_t) \text{grad} k) + P_k - \rho_{sm} \beta^* \omega k,$$

а для удельной диссипации ω , которая связана с кинетической энергией диссипации k и изотропной диссипацией \mathcal{E} соотношением $\mathcal{E} = C_\mu k \omega$ в виде

$$\frac{\partial \rho_{sm} \omega}{\partial t} + \vec{v} \cdot \text{grad} (\rho_{sm} \omega) = \text{div} ((\mu + \sigma_\omega \mu_t) \text{grad} \omega) + \rho_{sm} \frac{\gamma}{\mu_t} P_k - \rho_{sm} \beta \omega^2 + (1 - F_1) D_{k\omega}$$

$$F_2 = \tanh(\arg_2^2), \arg_2 = \max\left(\frac{2\sqrt{k}}{0,09\omega d}, \frac{500\nu}{d^2\omega}\right),$$

$$F_1 = \tanh(\arg_1^4), \arg_1 = \min\left[\max\left(\frac{\sqrt{k}}{0,09\omega d}, \frac{500\nu}{d^2\omega}\right), \frac{4\rho_{sm} k \sigma_\omega k}{CD_{k\omega} d^2}\right],$$

$$\phi = F_1 \phi_1 + (1 - F_1) \phi_2, \phi = \{\sigma_k, \sigma_\omega, \beta\},$$

$$CD_{k\omega} = \max(D_{k\omega}, 10^{-20}), D_{k\omega} = \frac{2\rho_{sm} \sigma_\omega k}{\omega} (\nabla k) \cdot (\nabla \omega),$$

$$\sigma_{k1} = 0,85; \sigma_{\omega1} = 0,5; \beta_1 = 0,075;$$

$$\sigma_{k2} = 1,0; \sigma_{\omega2} = 0,856; \beta_2 = 0,0828;$$

$$\beta^* = 0,09; \kappa = 0,41; a_1 = 0,31; \gamma = \beta / \beta^* - \sigma_\omega \kappa^2 / \sqrt{\beta^*};$$

d - расстояние до ближайшей стенки канала.

Расстояние d от стенки определяется геометрически.

1. Для всей расчетной области решается уравнение Пуассона

$$\nabla^2 \psi = -1 \text{ с граничными условиями Дирихле } \psi = 0 \text{ на стенке и Неймана } \frac{\partial \psi}{\partial n} = 0 \text{ на}$$

остальных границах;

2. После определения ψ расстояние d определяется по формуле

$$d = -|\nabla \psi| + \sqrt{|\nabla \psi|^2 + 2\psi}.$$

Генерационный член P_k определяется по формуле

$$P_k = \min(\mu_t S^2, 20\beta^* \rho_{sm} k \omega),$$

где $S = \sqrt{2S_{ij}S_{ij}}$ - второй инвариант тензора скоростей деформаций, $S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$ -

декартовы компоненты тензора скоростей деформаций.

Для определения турбулентной вязкости используется соотношение

$$\mu_t = \rho \frac{a_1 k}{\max(a_1 \omega, \Omega F_2)} = \rho \frac{k}{\max(\omega, S F_2 / a_1)},$$

где $a_1 = 0,31$, $\Omega = \sqrt{2\Omega_{ij}\Omega_{ij}}$ - второй инвариант тензора завихренности, $\Omega_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$

- декартовы компоненты тензора скоростей деформаций.

Для обеспечения более точного моделирования процессов турбулентного горения использовалась SST модель турбулентности, которая имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho_{sm} k}{\partial t} + v_r \frac{\partial \rho_{sm} k}{\partial r} + v_z \frac{\partial \rho_{sm} k}{\partial z} &= \\ &= \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left((\mu + \sigma_k \mu_t) r \frac{\partial k}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left((\mu + \sigma_k \mu_t) \frac{\partial k}{\partial z} \right) + P_k - \rho_{sm} \beta^* \omega k, \\ \frac{\partial \rho_{sm} \omega}{\partial t} + v_r \frac{\partial \rho_{sm} \omega}{\partial r} + v_z \frac{\partial \rho_{sm} \omega}{\partial z} &= \\ &= \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left((\mu + \sigma_\omega \mu_t) r \frac{\partial \omega}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left((\mu + \sigma_\omega \mu_t) \frac{\partial \omega}{\partial z} \right) + \rho_{sm} \frac{\gamma}{\mu_t} P_k - \rho_{sm} \beta \omega^2 + (1 - F_1) D_{k\omega} \end{aligned}$$

Для S в цилиндрической системе координат получим следующее выражение

$$\begin{aligned} S^2 &= 2trD^2 = \\ &= 2 \left(\frac{\partial v_r}{\partial r} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_r}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial r} \right)^2 + 2 \left(\frac{v_r}{r} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial v_z}{\partial z} \right)^2. \end{aligned}$$

Для Ω в цилиндрической системе координат получим следующее выражение

$$\Omega^2 = 2tr\Omega^2 = \left(\frac{\partial v_r}{\partial z} - \frac{\partial v_z}{\partial r} \right)^2.$$

В цилиндрической системе координат выражение для $\nabla k \cdot \nabla \omega$ примет вид

$$\frac{\partial k}{\partial r} \frac{\partial \omega}{\partial r} + \frac{\partial k}{\partial z} \frac{\partial \omega}{\partial z}; \text{ - температура; } p \text{ - давление; } W_{mono} \text{ - массовая доля мономера в смеси.}$$

Уравнение переноса энергии выражается в виде первого начала термодинамики и имеет следующий вид:

$$\rho \left(v_r \frac{\partial h}{\partial r} + v_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left((\lambda + \lambda_t) r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left((\lambda + \lambda_t) \frac{\partial T}{\partial z} \right) + q$$

где T - температура, К; h - энтальпия, Дж/кг; λ - коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К); λ_t - коэффициент турбулентной теплопроводности, Вт/(м·К); q - интенсивность внутренних источников тепла, Вт/м³.

К представленной системе уравнений необходимо добавить уравнение переноса лучистой энергии, которая играет важную роль в процессе горения. Таким образом, уравнение переноса лучистой энергии имеет вид:

$$\begin{aligned} \sin \vartheta \left[\cos \psi \frac{\partial I_\lambda(M, \Lambda)}{\partial r} - \frac{\sin \vartheta}{r} \frac{\partial I_\lambda(M, \Lambda)}{\partial \psi} \right] + \cos \vartheta \frac{\partial I_\lambda(M, \Lambda)}{\partial x} + k_\lambda I_\lambda(M, \Lambda) &= \\ &= j_{c\lambda}(M) + \frac{\beta_\lambda}{4\pi} \int_0^{2\pi} d\psi \int_0^\pi I_\lambda(M, \Lambda') \gamma(\mu_0) \sin \vartheta' d\vartheta' \end{aligned}$$

$$\mu_0 = \cos \vartheta \cos \vartheta' - \sin \vartheta \sin \vartheta' \cos(\psi - \psi')$$

где ϑ - интегральный коэффициент поглощения; где I - интенсивность монохроматического излучения; M - точка области; Λ - направление в т.М; β - коэффициент рассеивания.

Предложенная математическая модель процесса горения, позволит проанализировать движение высокодисперсных частиц в реакторе печи и проанализировать влияние режимных параметров на процесс образования вредных выбросов. А также, позволит смоделировать и провести численные исследования процесса горения отходов в печи и получить распределения температурных, гидродинамических и концентрационных полей, полей лучистых потоков, для определения энергоэффективных и экологически безопасных режимов работы печи.

Полученные результаты позволят разработать схемно - компоновочные решения по экологически безопасному и энергоэффективному процессу сжигания твердых бытовых отходов.

** Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам, осуществляющим перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики № СП-2401.2013.1*

Список литературы:

1. Ложечко В.П., Крицын М.С. О методах получения альтернативного топлива из твердых бытовых отходов // С. 982 – 991.
2. Малышевский А.Ф. Обоснование выбора оптимального способа обезвреживания твердых бытовых отходов. с. 47.
3. Фридлан В.С., Щеголькова Н.М. Экологические и энергетические направления утилизации твердых бытовых отходов // Теплоэнергетика. – 2008. - № 12. С.13-19.
4. Федоров Л.Г. Теплоэлектростанция на альтернативном виде топлива (твердые бытовые отходы) // Энергосбережение. – 2002. - № 2.

Зеленая экономика, как фактор защиты окружающей среды

Тоторкулова М.А.

Северо-Кавказская государственная гуманитарно-технологическая академия, г. Черкесск, Россия

Зеленая экономика – это путь развития посредством более гармоничного взаимодействия человека с окружающей природной средой, чем, то взаимодействие, которое наблюдается в настоящее время. Зеленая экономика, это альтернатива современной модели экономики, которую называют коричневой экономикой. На сегодняшний день на лицо негативные последствия функционирования этой системы: изменение климата, опустынивание, утрата биологического разнообразия, нехватка пресной воды, продовольствия, энергии, неравенство стран и людей. Также встает проблема сохранения природных ресурсов для будущих поколений. Устойчивое развитие, которое предполагает зеленая экономика – это установление такого порядка, при котором производство, распределение и потребление товаров и услуг приводят к повышению общего благосостояния людей в долгосрочной перспективе.

Принципы зеленой экономики предусматривают приспособление к природным и национальным особенностям различных регионов, т.к. даже внутри одной страны различные субъекты обладают неодинаковым экономическим потенциалом, из-за их различного экономико-географического положения.

Но есть сферы экономики общие для всех. К их числу относится и жилищно-коммунальное хозяйство. Одной из основных проблем в жилищно-коммунальном хозяйстве является сохранение энергии. Под энергосбережением понимаем эффективное использование получаемой энергии, ее безвредное производство. Для населения *энергоэффективность* означает уменьшение платежей за коммунальные услуги, а для страны это сбережение ресурсов для будущих поколений.

В настоящее время в нашей стране затраты энергии на отопление выше чем в европейских странах, а показатели качества жилья намного ниже. Это связано с неэффективным использованием энергии. Причем, низкая энергоэффективность выражается на всех этапах, начиная с производства, заканчивая потреблением.

Одним из путей решения этой проблемы, является внедрение технологий эффективного использования энергии в системы жилищно-коммунального хозяйства.

Энергосбережение в жилых домах предполагает утепление всех ограждающих конструкций. При утеплении стен проводят наружную и внутреннюю теплоизоляцию.

Наружная теплоизоляция защищает здание от холода. Кроме того наружная теплоизоляция позволяет предотвратить образование грибка на внешней поверхности стен здания, и предотвращает образование конденсата на внутренней поверхности стен здания.

Внутренняя теплоизоляция не позволяет теплomu воздуху выходить из помещения наружу. Помещения с утепленными стенами быстрее нагреваются и долго сохраняют тепло.

Значительные потери тепла из помещения, как известно, происходят через окна. Для улучшения *теплосберегающих* свойств окон, можно применять энергосберегающие стекла в составе стеклопакета. Энергосберегающее стекло – это прозрачное полированное стекло, изготовленное с применением технологии вакуумного многослойного напыления серебра, оксида титана и других металлов. Магнетронный теплоотражающий слой находится внутри стеклопакета, поэтому не подвержен износу.

За счет явления интерференции и электропроводимости в низкоэмиссионном покрытии, энергосберегающие стекла обеспечивают прохождение в помещение коротковолнового солнечного излучения и препятствуют выходу из помещения длинноволнового теплового излучения от отопительных приборов.

Энергосберегающие стеклопакеты уникальны: высокая светопрозрачность, препятствование выпадению конденсата на стеклах и их промерзанию, защита от жары в летнее время, защита мебели от выцветания.

Переход в массовом жилищном строительстве на современные воздухонепроницаемые строительные материалы и герметичные окна наряду с положительными факторами, как уменьшение теплопотерь, улучшение акустических характеристик жилища, имеют и отрицательную сторону. Например, ухудшению воздушного режима помещений с традиционными системами естественной вентиляции, происходят вредные выделения из мебели, пластика, стеновых панелей, чистящих средств, которые могут быть аллергенами.

Для решения проблем, на сегодняшний день наряду с естественной вентиляцией можно применять механизированную и комбинированную вентиляцию.

Естественная вентиляция - разность температур наружного воздуха и воздуха в помещении, вследствие изменения давления в зависимости от высоты, а так же вследствие ветрового давления.

При механической вентиляции используются оборудования и приборы: вентиляторы, фильтры, воздухонагреватели, которые очищают воздух. Кроме того есть возможность нагревать поступающий с улицы холодный воздух за счет энергии выходящего из помещения теплого воздуха. Такие системы могут удалять или подавать воздух, в вентилируемые помещения не зависимо от условий окружающей среды.

Комбинированная вентиляция предполагает применение естественной и механической вентиляции совместно.

Для создания устойчивого воздушного режима, сохранения в квартире воздушного баланса по притоку и вытяжке надо использовать комбинированную вентиляцию.

Чтобы повысить показатели качества жилья в одном здании надо проводить комплекс мероприятия по отоплению, освещению, вентиляции. Данные мероприятия стоит проводить не только при новом строительстве, но также при реконструкции существующих систем. А чтобы поднять на новый уровень качество жилья в отдельном субъекте придется модернизировать весь его жилой фонд. Но в масштабах региона на эти цели придется вложить огромные средства. Нагрузку финансовых затрат можно возложить не только на федеральный бюджет, но и инвесторов, население, сделав при этом из задачи энергосбережения национальную идею.

Применение новых модернизированных технологий при строительстве новых и реконструкции существующих зданий позволит сэкономить средства на оплату жилищно-коммунальных услуг, а также улучшит комфортность проживания людей в помещениях. Если в цивилизованных странах применение энергосберегающих технологий связано с необходимостью покупать энергоресурсы у других государств, то в нашей стране применение энергосберегающих технологий можно также увязать со сбережением природных ресурсов для будущих поколений. Но этого невозможно достичь без жесткого контроля со стороны государства за соблюдением современных требований, предъявляемых к качеству жилья.

Кроме того важно наличие у самих людей экологической грамотности, которое позволит им осознать, что развитие по пути рационального использования природных ресурсов и человеческих возможностей, представляет будущее более ясным и устойчивым, как для нас самих, так и для последующих поколений.

Список литературы:

1. Тоторкулова М.А.,Первакова С.А. Экология. ГОУ ВПО СКГГТА.: Издательство 2006.-38с.

О выборе системы вентиляции жилых помещений*Финенкова М.В., Шефер Ю.Е., Гусельников М.Э.**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

В последнее время, особенно после принятия Федерального закона «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», усилилось внимание к вопросам энергосбережения при отоплении производственных, общественных и жилых зданий. При рациональном использовании энергии можно сократить энергетические затраты как минимум на 30-35 %.

Оценим затраты на отопление среднестатистической квартиры площадью 60 м² в городе Томске. Стоимость 1 Гкал, по данным ОАО «Томская генерирующая компания», составляет 1104 рубля. Фактическая оплата отопления составляет 17328 рублей в год при потреблении $G_{\text{общ}} = 15,7$ Гкал энергии. Высота потолка в данной квартире составляет 2,5 м, а объем помещения $V = 150$ м³. Количество тепловой энергии G в год для обогрева 1 м³ помещения составляет:

$$G = G_{\text{общ}} / V = 0,105, \text{ Гкал/м}^3.$$

Стоимость энергии израсходованной за год на обогрев 1 м³ помещения будет составлять 116 рублей.

Также можно вычислить объем затрат энергии и денежных средств, требующийся для отопления жилого помещения для одного человека. Согласно статье 38 ЖК норма жилой площади составляет 12 м² на одного человека, тогда максимальное количество человек, которое может проживать в данной квартире, равняется 5. Отсюда следует, что один человек за один год тратит около 3,14 Гкал энергии на отопление, в денежном эквиваленте это будет равно 3466 рублей.

Энергопотребление, обеспечивающее допустимый уровень температуры при отоплении жилых зданий, зависит от тепловых потерь, основными причинами которых являются:

- разница температур в помещении и на улице;
- теплозащитные свойства ограждающих конструкций.

Поэтому энергосбережение преимущественно достигается путем совершенствования теплоизоляции помещений, которой подвергаются пол, потолок, стены. В современных жилых домах потери тепла происходят через наружные стены, окна и все наружные ограждающие конструкции.

Большую площадь наружных ограждений занимают наружные стены. Поэтому микроклимат помещения во многом определяется их теплозащитными свойствами. В зависимости от конструкции стен дома через них теряется до 35—45% тепла.

По сравнению со стенами оконные проемы составляют значительно меньший процент в общей площади наружных ограждений. Однако они имеют низкую теплозащиту: сопротивление теплопередаче оконного блока с двойным остеклением в 2—3 раза меньше, чем у наружных стен. Вследствие чего через окна теряется немалое количество теплоты — 20—30% всех тепловых потерь дома.

Также существуют потери тепла через перекрытия первого этажа и сквозь крышу. Через низ первого этажа чаще всего тепловые потери составляют 3 – 10 %.

Совершенствование теплоизоляции дома связано с увеличением количества и качества используемых строительных материалов. В принципе можно построить помещение с практически абсолютной теплоизоляцией. При этом объем помещения будет герметичным. Однако, кроме указанных выше причин, существуют потери тепла, связанные с необходимостью вентиляции воздушного пространства помещения. Вентиляция необходима для удаления воздуха, загрязненного выдыхаемым людьми углекислым газом, испарениями с поверхности мебели и из отделочных материалов. Поэтому бесконечно увеличивать качество теплоизоляции помещений, доводя потери энергии до величин существенно меньших, чем потери тепла на вентиляцию нецелесообразно.

В связи с выше изложенным, вопрос оценки и расчета потерь тепла, вызываемых необходимостью проветривания помещения, актуален.

Рассмотрим минимально возможное энергопотребление обогрева помещения при условии, что источники выделения вредных веществ в воздух, кроме человека, отсутствуют.

Согласно ГН 2.2.5.2100-06 для дыхания находящихся в помещении людей необходим воздух с содержанием углекислоты CO_2 не более $x_g = 9000$ мг/м³.

Потребный воздухообмен L в помещении для выполнения норм предельно допустимой концентрации в расчете на одного человека определяется по формуле:

$$L = \frac{G \cdot 1000}{x_B - x_H}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

В соответствии с [1, 2], содержание углекислоты CO_2 в атмосфере населенных пунктов, следует принимать равным:

для сельской местности $x_H = 700 \text{ мг/м}^3$;

для небольшого города $x_H = 800 \text{ мг/м}^3$;

для крупного мегаполиса $x_H = 1000 \text{ мг/м}^3$.

Количество вредных веществ (G , г/ч), выделяющихся в воздух помещения, приведено в таблице 1 [1, 2].

Таблица 1. Количество углекислоты, выделяемой человеком при разной работе

Категория и физ. активность	мг/ч	л/ч
Взрослый, состояние покоя	45000	23
Взрослый, легкая работа	50000	25.5
Взрослый, тяжелая работа	90000	45
Ребенок до 12 лет	24000	12

При условии $G=50000 \text{ мг/м}^3$ и $X_H = 1000 \text{ мг/м}^3$ потребный воздухообмен $L = 6,25 \text{ м}^3/\text{ч}$. Подача данного количества воздуха в холодный период года вызовет понижение температуры в помещении. При этом данная температура должна отвечать требованиям ГОСТ 12.1.005, указанным в таблице 2.

Таблица 2. Допустимая температура воздуха в помещении согласно с ГОСТ 12.1.005.

Период года	Категория работ	Оптимальная	Температура, °С			
			допустимая			
			верхняя граница		нижняя граница	
			на рабочих местах			
		постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных	
Холодный	Легкая - Ia	22-24	25	26	21	18
Теплый	Легкая - Ia	23-25	28	30	22	20

То есть в холодный период года (когда на улице температура ниже $+10^\circ\text{C}$) температура воздуха в помещении должна быть не ниже $+21^\circ\text{C}$, а в теплый период года (когда на улице температура выше $+10^\circ\text{C}$) температура воздуха в помещении должна быть не выше $+28^\circ\text{C}$. Расчет энергопотребления для компенсации потерь тепла на вентиляцию проводится по формуле:

$$W = C * L * \rho * (T_{\text{ПОМ}} - T_{\text{НАР}}), \text{ (кДж/час)}, \quad (1)$$

где: $C = 1,005 \text{ кДж/(кг*К)}$ - удельная теплоемкость воздуха; $L, \text{ м}^3/\text{ч}$ - потребный воздухообмен; $\rho = 1,205 \text{ кг/м}^3$ - плотность воздуха; $T_{\text{ном}} = 294 \text{ К}$ - температура воздуха в помещении; $T_{\text{нар}}$, К - температура наружного воздуха.

Учитывая, что $1 \text{ Дж} = 0,24 \text{ Кал}$ и то, что каждый человек является источником тепла, формула (1) примет вид:

$$W = 0,24 * C * L * \rho * (T_{\text{ПОМ}} - T_{\text{НАР}}) - q_n, \text{ (кКал/час)}, \quad (2)$$

где q_n - количество тепловыделений одним человеком при различной работе. Приведено в таблице 3.

Таблица 3. Количество тепловыделений одним человеком при различной работе

Категория тяжести работы		Количество тепловыделений q_n , ккал/ч в зависимости от окружающей температуры воздуха			
		15 °С	20 °С	25 °С	30 °С
Легкая	I	100	70	50	30
Средней тяжести	II-a	100	70	60	30
	II-b	110	80	70	35
Тяжелая	III	110	80	80	35

Стоит отметить еще один момент – для каждого помещения, в том числе и для помещения с идеальной теплоизоляцией, существует наружная температура, при которой помещение не нужно отапливать, так как потери тепла на вентиляцию будут равны теплу, выделяемому людьми. Данная температура вычисляется из уравнения:

$$0,24 * C * L * \rho * (T_{\text{ПОМ}} - T_{\text{кр}}) - q_{\text{л}} = 0.$$

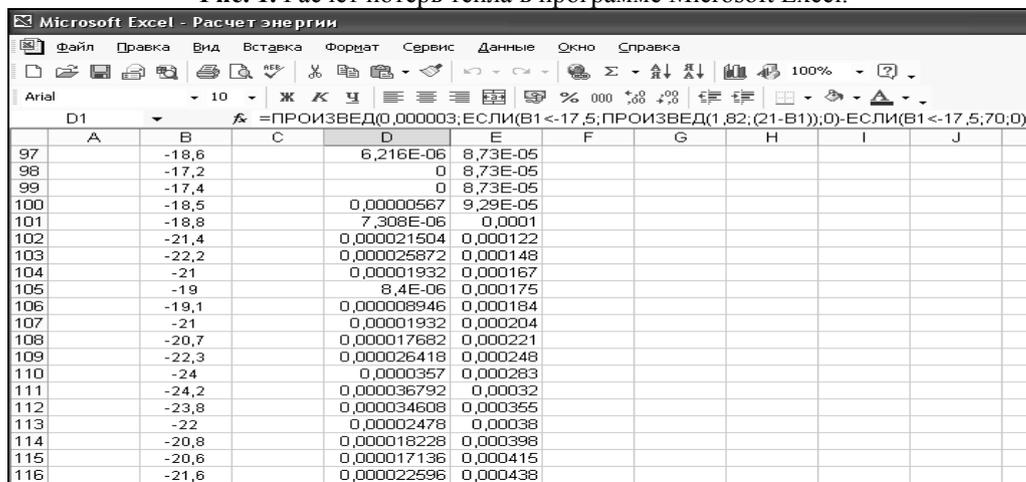
Подставив числовые значения, получим температуру равную минус 17,5 °С.

Расчет потерь тепла на вентиляцию за 2012 год проведен с использованием архива погод [4]. Информация о температуре воздуха бралась с интервалом 3 часа. Расчет проведен программой Microsoft Excel (Рисунок 1). Вычисления потерь тепла за 3 часа проводились следующей командной строкой, полученной из формулы (2):

$$\text{ПРОИЗВЕД}(0,000003; \text{ЕСЛИ}(B1 < -17,5; \text{ПРОИЗВЕД}(1,82; (21 - B1)); 0) - \text{ЕСЛИ}(B1 < -17,5; 70; 0)). \quad (3)$$

В командной строке реализовано условие: если температура наружного воздуха меньше минус 17,5°С, то потери тепла рассчитываются по формуле (3), если данное условие не выполняется, то потери тепла равны 0.

Рис. 1. Расчет потерь тепла в программе Microsoft Excel.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
97		-18,6		6,216E-06	8,73E-05					
98		-17,2		0	8,73E-05					
99		-17,4		0	8,73E-05					
100		-18,5		0,00000567	9,29E-05					
101		-18,8		7,308E-06	0,0001					
102		-21,4		0,000021504	0,000122					
103		-22,2		0,000025872	0,000148					
104		-21		0,00001932	0,000167					
105		-19		8,4E-06	0,000175					
106		-19,1		0,000008946	0,000184					
107		-21		0,00001932	0,000204					
108		-20,7		0,000017682	0,000221					
109		-22,3		0,000026418	0,000248					
110		-24		0,0000357	0,000283					
111		-24,2		0,000036792	0,00032					
112		-23,8		0,000034608	0,000355					
113		-22		0,00002478	0,00038					
114		-20,8		0,000018228	0,000398					
115		-20,6		0,000017136	0,000415					
116		-21,6		0,000022596	0,000438					

Просуммировав количество потерь тепла за каждый день 2012 года, определили, что за прошедший год для поддержания допустимой температуры помещения с идеальной теплоизоляцией необходимы затраты энергии 0,0228 Гкал/год, в денежном эквиваленте затраты на одного человека будут равны 25,17 рублей.

На сегодняшний день существуют различные виды вентиляции: естественная, механическая, в том числе с теплообменниками, при помощи которых тепло уходящего на улицу воздуха передается входящему, что позволяет сократить потери тепла при этом эффективность вентиляции сохраняется.

Стоимость наиболее распространенных на рынке устройств вентиляции приведена в таблице 4.

Таблица 4. Вентиляционные системы и их стоимость.

Тип вентиляционной системы	Функции	Стоимость, руб
Проветриватель с функцией рекуперации тепла AEROLIFE	Механическая с теплообменом	31 400
Настенные проветриватели Аэровитал с особым фильтром защитят от шума, очистят воздух от примесей	Механическая с теплообменом	44 500
Проветриватели АЕРОРАС	Механическая	12 600
Приточно-вытяжная установка УВРК-50	Механическая	15 000
Клапан инфильтрации воздуха КИВ 125	Естественная	3 200

Из таблицы 4 видно, что функция теплообмена удорожает устройство вентиляции на 15-30 тысяч рублей. При стоимости потерь тепла 25,17 рублей в год на человека окупаемость этой

функции и ее целесообразность сомнительны. Выбор между естественной и механической вентиляцией должен основываться на определении достаточности воздухообмена, обеспечиваемого системой естественной вентиляции. Производительность же систем естественной вентиляции зависит от множества факторов: ориентации дома относительно розы ветров, геометрии строения, направления ветра в конкретный момент времени и т.д. Поэтому механическая система вентиляции, хотя и дороже естественной, но она способна обеспечить достаточный уровень воздухообмена в любое время года.

Список литературы:

1. Белова Е.М. Центральные системы кондиционирования в зданиях. - М.: Евроклимат, 2006. - Серия "Библиотека климатехника – 136 с.
2. Под ред. Юрьева А.С. Справочник по расчетам гидравлических и вентиляционных систем. - СПб.: АНО НПО "Мир и семья", 2001 – 240 с.
3. Кухлинг К. Справочник по физике. Пер. с нем. – М.: Мир, 1985.-520 с.
4. Погода и Климат[электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru>

Оценка ресурсов возобновляемых источников энергии в зоне локальной энергетики республики САХА (Якутия)

Чирикова Ю.Е.

Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия

Электрическая энергия во многом определяет технический прогресс, помогает обеспечить благосостояние и жизненный комфорт населения.

В Республике Саха (Якутия) централизованным энергоснабжением охвачено 40 % территории, на которой проживает 90 % населения республики. Зона локальной энергетики занимает более 2 млн. км², на ней проживает 10 процентов населения РС (Я). Значительные расстояния и отсутствие крупных потребителей являются основной причиной экономической нецелесообразности централизации энергоснабжения. Основой локальной энергетики являются дизельные электростанции, использующие дорогостоящее топливо, завозимое из-за пределов РС (Я). Стоимость дизельного топлива возрастает ежегодно и сегодня перешагнула за 30 тыс. рублей за 1 тонну. Отсюда – рост себестоимости производимой электроэнергии и постоянное повышение тарифов.

Одним из путей решения проблемы локальной энергетики может стать использование возобновляемых источников энергии – ветра, солнца и воды. За счет реализации потенциала природных возобновляемых источников энергии и перехода к рациональному и экологически ответственному использованию энергетических ресурсов могут быть созданы дополнительные условия для повышения конкурентоспособности, финансовой устойчивости, энергетической и экологической безопасности экономики, роста уровня и качества жизни населения.

Северная береговая зона Республики Саха (Якутия) обладает значительным ветропотенциалом. На основании анализа собранных данных определены населенные пункты для строительства ветряных электростанций. Необходимо продолжить исследование скоростного напора ветра в населенных пунктах, находящихся в аналогичных климатических условиях и потому, возможно, обладающих тем же уровнем ветропотенциала.

Кроме того, Республика Саха (Якутия) обладает значительным солнечным потенциалом. По результатам анализа данных многолетнего наблюдения метеостанций определено 58 потенциальных мест расположения солнечных электростанций на территории Республики Саха (Якутия). Также необходимо исследование солнечной инсоляции в населенных пунктах, находящихся в аналогичных климатических условиях и потому, возможно, обладающих тем же уровнем солнечной активности.

По результатам исследований ряда институтов на территории г.Якутска потенциал солнечной радиации оценивается больше чем в Крыму и Краснодаре, и составляет более 2000 солнечных часов в год. Это очень высокий показатель.

Республика Саха (Якутия) обладает и значительным гидропотенциалом. Определено 34 потенциальных места расположения гидроэлектростанций на территории Республики Саха (Якутия) в бассейнах рек и их притоков [1].

Принятая «Программа оптимизации локальной энергетики Республики Саха (Якутия) на 2013-2018 годы» реализуется на практике [2].

Экспериментальная ВЭУ мощностью 250 кВт в п. Тикси введена в работу 25.09.2007 г., выработано электроэнергии за 2007-2013 гг. 400 тыс. кВт*ч., экономия дизельного топлива за эти годы – 90 т.

Таблица 1. Информация о введенных в строй четырех солнечных электростанциях.

Населённый пункт	Мощность, кВт	Дата начала эксплуатации	Выработка электроэнергии, тыс. кВт*ч	Экономия дизельного топлива, т
п. Батамай Кобяйского района	30	август 2012 г.	33 000	11
п. Ючюгей Оймяконского района	20	июнь 2012 г.	23000	7
п. Дулгалах Верхоянского района	20	май 2013	21000	9,5
п. Куду-Кюель Олекминского района	20	июнь 2013	18000	6

Основными макроэкономическими показателями по итогам реализации Программы являются:

- обеспечение снижения потребления дизельного топлива не менее чем на 1 347 т на I этапе (2012 – 2016 гг.) и не менее чем на 2 694 т за весь срок реализации Программы (2012 – 2020 гг.);
- обеспечение генерации экологически чистой электроэнергии, использующей возобновляемые источники энергии, не менее 3 707 МВт*ч на I этапе (2012 – 2016 гг.) и не менее 7 414 МВт*ч за весь срок реализации Программы (2012 – 2020 гг.);
- снижение негативного давления энергетики на окружающую среду;
- повышение комфортности жизни населения арктических районов.

В настоящее время идут пуско-наладочные работы ВЭУ – 40 кВт в п. Быков Мыс Булунского улуса. СЭС мощностью 40 кВт в п. Эйик Оленекского улуса и СЭС мощностью 20 кВт в п. Кебергене Абыйского улуса – запущены. В СЭС мощностью 30 кВт в п. Батамай Кобяйского улуса (увеличение мощности до 60 кВт с накопителем электроэнергии) – идут монтажные работы. Исследуется эффективность использования в условиях Крайнего Севера солнечных панелей монокристаллического (5 кВт), поликристаллического (5 кВт), тонкопленочного кремния (5 кВт) на сетевой СЭС мощностью 15 кВт в п. Джаргалах Эвено-Бытантайского улуса. Идёт монтаж накопителя электроэнергии в п. Ючюгей Оймяконского улуса для СЭС 20кВт. На остальных объектах производится доставка и монтаж оборудования [3].

Список литературы:

1. О внедрении альтернативных возобновляемых источников энергии в зоне локальной энергетики Республики Саха (Якутия) 2012-2016 гг. с перспективой до 2020 г. [Электронный ресурс]. - // СПС «Google».
2. О социально-экономическом развитии Дальнего Востока и Байкальского региона: распоряжение Правительства РФ N 466-р от 29.03.2013 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/70351168> (дата обращения: 20.10.2014 г.).
3. ОАО «Сахаэнерго» [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.sakhaenergo.ru> (дата обращения: 15.10.2014 г.).

Эффективность и безопасность механических средств непрерывной транспортировки дисперсных материалов

*Василевский М.В., Разва А.С., Романдин В.И. *, Зыков Е.Г. ***

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

**Научно-исследовательский институт прикладной математики и механики Томского государственного университета, г. Томск, Россия*

***ОАО «Томсгазоочистка», г. Томск, Россия*

Переработка дисперсных материалов является основным процессом в производствах горнодобывающей, металлургической, химической, строительной, энергетической, пищевой и других отраслей промышленности. Установки транспортировки частиц являются основными элементами в технологиях переработки дисперсных материалов. Перемещение дисперсных материалов механическими транспортерами сопровождается изменением структур дисперсной фазы. Процесс транспортировки включает этапы перевода материала из насыпного состояния в состояние подвижности, собственно транспорт, перевод в насыпное состояние.

При проектировании транспортных установок ставится задача наиболее рационального выбора машин, обеспечивающих наибольший технический эффект в работе производства. При этом определяются капитальные затраты, эксплуатационные расходы, служащие основным критерием при выборе оптимального варианта со следующими показателями: расход энергии, расход материалов на ремонт, число штатных единиц персонала, обслуживающих установку. Следует также ввести в рассмотрение эффективный объем перемещаемого материала в единицу времени (1 час) на единицу длины (100 м), приходящийся на объем сооружения (галереи) на этой длине.

Скребоквые, ленточные конвейеры являются наиболее распространенными машинами непрерывного транспорта [1]. Пространственная конфигурация маршрутов перемещения грузов предполагает пересыпки дисперсного материала с транспортера на транспортер, выгрузку материала на вход машины вертикального транспорта (нории), выгрузку и нории на транспортер, вновь пересыпки, выгрузка в приемный узел. Работа узлов загрузки, пересыпки, выгрузки материала определяют надежность, безопасность, конвейерной системы. Загрузочные устройства ленточных конвейеров включают пересыпные точки вместе с приемными лотками, обеспечивающие правильное направление поступающего на ленту материала, исключающее сход ленты в сторону, повреждение и быстрый износ ее от ударов и истирания падающими крупными частицами. Конфигурация течек и размеры их поперечного сечения должны исключать налипание и застревание в них влажного, с глинистыми включениями материала [2].

Мощность приводного двигателя скребкового транспортера

Сопrotивление движению холостой (порожней) ветви цепи на горизонтальных и наклонных участках прямолинейного пути

$$W_{\text{н}} = q_0 g L (f' \cos \beta \pm \sin \beta)$$

Сопrotивление перемещению груза и движению цепи на горизонтальных и пологонаклонных участках рабочей (груженой) ветви [1]

$$W_{\Sigma} = (q + q_0) g L \{ f_{\text{в}} [(n_{\text{б}} h_{\text{ж}} / b) + 1] \cos \beta \pm \sin \beta \}$$

где q — масса груза, приходящаяся на 1 м ветви; $q = G / (3,6v)$, G — расчетная производительность (т/ч); f' — коэффициент трения цепи о желоб принимаемый равным 0,3–0,4 и 0,5–0,7 для соответственно стальных и деревянных желобов; $f_{\text{в}}$ — коэффициент трения груза о желоб, для разных материалов груза и поверхности $f_{\text{в}} = (0,3–1,1)$ [72]; $n_{\text{б}}$ — коэффициент бокового давления, воспринимаемого стенками желоба при движении груза, $n_{\text{б}} = \frac{k_{\text{е}}(1,2+v)}{1+2f^2}$, где $k_{\text{е}}$

— эмпирический коэффициент, $k_{\text{е}} = 1–1,2$; L — длина соответствующего расчетного участка конвейера м; β — угол наклона расчетного участка конвейера к горизонту, град; b — ширина желоба, мм; $h_{\text{ж}}$ — полезная высота желоба, мм. Мощность определится по формуле

$$N_{\text{в}} = W_{\Sigma} v / 1000 \text{ кВт}$$

Если известны энергетические затраты для каждого вида материала и транспорта, то мощность на валу привода транспортера [1] определяется после преобразований по формуле

$$N_{\text{в}} = \frac{G}{3,6} \frac{g(Lw_0 \pm H)}{1000} \text{ кВт},$$

где G — расчетная производительность (т/ч), H — высотный перепад трассы (м), L — длина трассы (м), w_0 — обобщенный коэффициент сопротивления. $w_0 = 0,1–4,5$, где меньшая цифра относится к ленточным транспортерам, большая — к скребоквым. Сравнительная эффективность транспортеров может быть выражена как отношение производительности конвейера определенного типа $G_{\text{тап}}$ при одних и тех же условиях транспортирования и одной и той же мощностью к производительности конвейера ленточного типа $G_{\text{кон}}$ с обобщенным коэффициентом равным $w_0 = 0,1$.

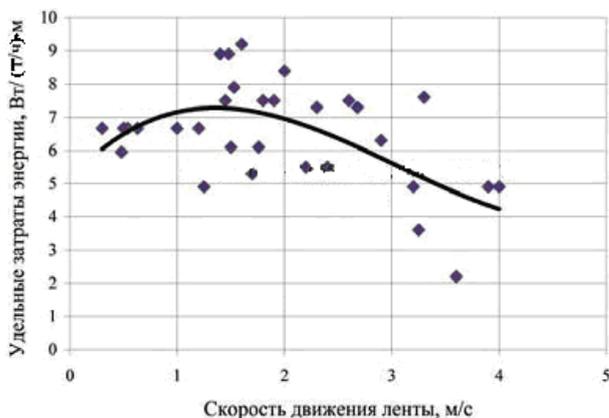
$$\eta_{\text{ен}} = \frac{G_{\text{тап}}}{G_{\text{кон}}} = \frac{0,1}{w_{\text{кон}}}$$

Мощность, необходимая для подъема материала на высоту H на валу норий N_t определяется формулой

$$N_t = \frac{G_{\text{м}} H g}{3,6 \cdot 1000} \text{ кВт},$$

где $G_{\text{м}}$ — производительность (т/ч), H — высота подъема (м). Потребная мощность зависит от типа нории, скорости движения ленты. В [3] проведена оценка существующих конструкций ковшовых подъемников в зависимости от их скоростного режима работы по такому показателю как расход

энергии на транспортирование зерна. Для исследования были рассмотрены около 40 марок ковшовых элеваторов, используемых для транспортирования материалов в вертикальном направлении. Результаты исследований представлены на рис. 1. Из графика на рисунке 1 видно, что максимальные удельные энергетические затраты (более 7 Вт/[(т/ч)·м]) наблюдаются у ковшовых элеваторов со скоростью движения ленты в пределах 1,0–1,5 м/с. Уменьшение или увеличение скорости движения ленты относительно указанного предела способствует снижению



удельных энергетических затрат, причем в большей мере это относится к быстроходным элеваторам.

Рис. 1. Зависимость удельных энергетических затрат от скорости движения ленты [3].

Таким образом, с целью снижения удельного расхода энергии на транспортирование зерна следует использовать быстроходные ковшовые элеваторы. Кпд норрии

$$\eta_{el} = \frac{N_t}{N} = 0,35-0,7$$

Пыль, которая образуется в механических транспортерах, создает в трактах перепады давлений и потоки воздуха, которые вместе с пылью поступают в рабочие зоны помещений. В горизонтальных механических транспортерах наиболее характерными очагами пылеобразования являются узлы пересыпки материала с конвейера на конвейер, из дробилок на конвейер, из питателя на конвейер, с конвейера в склад. Во всех случаях транспортируемый материал эжектирует воздух, нагнетая его в укрытие. Внутри укрытия возникает избыточное давление от 20 до 80 Па, которое приводит к интенсивному выбиванию пыли в помещение через неплотности укрытия. В механических элеваторах образование пыли происходит вследствие несовершенства процесса транспортировки [4, 5]. Таким образом, системы аспираций являются неотъемлемой частью систем транспортировки дисперсных материалов. Поэтому капитальные затраты должны содержать стоимость аспираций; эксплуатационные затраты должны учитывать расход энергии на аспирацию, расход на ремонт, обслуживание аспираций.

Обычно короб пересыпки имеет свою аспирационную сеть и пылеуловитель. Объединение нескольких коробов пересыпок в единую аспирационную сеть создает трудности при эксплуатации – выпадение материала из запыленного потока, образование отложений, трудности с поддержанием необходимого расхода воздуха во всех сечениях сети, повышенные энергозатраты на транспортирование больших запыленных объемов воздуха на большие расстояния к месту централизованной очистки. Количество пыли, отходящей только от одного короба пересыпки дробленого известняка, может составлять 200 кг/час. Количество воздуха необходимого для аспирации коробов пересыпок конвейерных систем обычно не превышает 10–15 тыс. м³/час [6]. В коробах пересыпки дисперсных материалов конвейерных систем, агломераты частиц в условиях повышенной влажности образуются при их взаимодействии друг с другом, при "блочном" сходе материала с конвейерных лент. Материал поступает в систему сгустками, поэтому концентрация частиц в потоке нестационарна. В условиях пониженной влажности на поверхностях частиц образуется одноименный электрический заряд, что обуславливает высокую диспергацию частиц. Существенным недостатком современных отечественных систем аспирации является возврат уловленной пыли на ленту, которая с большой вероятностью перейдет во взвешенное состояние в следующем коробе пересыпки или при сбросе в склад. Это обстоятельство приводит к накоплению мелкой пыли по всем маршрутам материала и к ухудшению экологической обстановки, условий труда. При централизованной системе аспирации расходы воздуха составляют сотни тысяч кубов [4]. Если аспирация отсутствует, то прорывающийся из пересыпных коробов запыленный воздух распространяется по галереям, и концентрация пыли превышает ПДК на порядки.

В производстве цемента дробленое сырье из конвейеров через лотки ссыпается в распределительный склад, откуда грейферными кранами доставляется к мельничному

оборудованию. На рис. 2 показана картина запыленности при отводе с конвейера и ссыпании материала в склад.

Кабина грейферного крана снабжена системой вентиляции с фильтрами для очистки воздуха. Склад изолирован от галерей с конвейерными транспортерами. Требуется разработка технических решений уменьшения выделения пыли при подаче материала в склад [4].

Наиболее распространенный способ аспирации коробов пересыпки заключается в отводе необходимого количества воздуха из верхней области короба и создания разрежения, обеспечивающего запыление пыли. При больших разрежениях воздух, поступающий через уплотнения, проходит в виде струй, увеличивая степень диспергации пыли, концентрацию частиц в объеме короба. Следовательно, чтобы предотвратить интенсивное диспергирование материала струями, выходящими из уплотняющих щелей, необходимо иметь рассредоточенный вывод запыленного воздуха из аспирационного короба, причем скорость воздуха в выводящих отверстиях должна быть намного больше, чем в уплотняющих щелях [6]. Для большей устойчивости желательно иметь расширительную, демпфирующую камеру, в которой сгустки выпадают из потока и удаляются на транспортную ленту. При повышенной влажности материала можно использовать малую часть отводящих каналов, но при этом должны быть открыты лючки на коллекторном воздуховоде для обеспечения гидравлической стабилизации всей системы.



Рис.2. Выделение пыли при ссыпании материала из конвейера в склад.

На рис. 3 представлены современные схемы уплотнений [7, 8]. Материал, с подающего конвейера по загрузочному желобу 4, вместе с эжектируемым воздухом, поступает в короб аспирационного укрытия. Пылегазовый поток, попадая в аэродинамическую зону обтекателя 5 разделяется: воздух растекается по поверхности обтекателя 5, а пылевые частицы по инерции падают на ленту конвейера. Движение двухфазного потока вблизи верхней крышки 1 увеличивает эффективность процессов инерционной пылеочистки в укрытии, за счет более резкого изменения траектории движения воздуха, снижая тем самым концентрацию пыли на выходе. Вследствие меньшего аэродинамического сопротивления верхней части укрытия воздушный поток движется вблизи крышки 1 к аспирационной воронке 6.

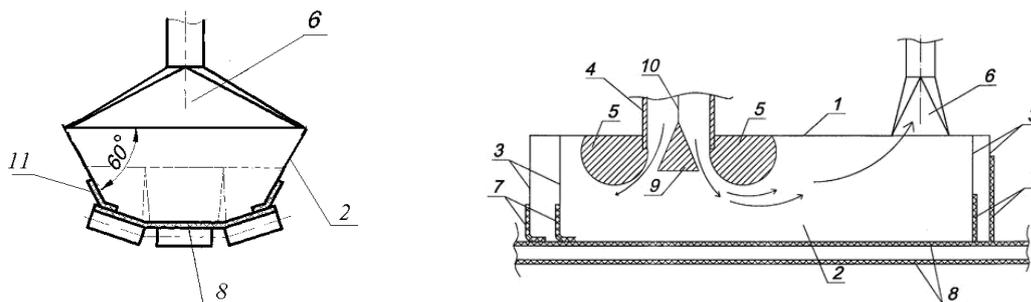


Рис. 3. Аспирационное укрытие мест перегрузки дисперсных материалов на ленточном транспортере [7, 8]: 1– крышка короба, 2– наклонные стенки, 3– торцевые стенки, 4– загрузочный желоб, 5– обтекатели, 6– аспирационная воронка, 7– уплотнительные фартуки, 8– конвейерная лента, 9– рассекатель, 10– шток, 11– эластичные уплотнители.

Нами разработан радикальный способ аспирации коробов пересыпок конвейерных систем. Отвод запыленного воздуха необходимо осуществляется там, где он поступает из короба в окружающую среду. С наружной стороны крепятся накладки, образующие каналы с щелевыми отверстиями, расположенными вблизи "пылящих" зазоров, а внутри со стороны входа и выхода материала с транспортерных лент устанавливаются дополнительные фартуки. Из пространств между основными и дополнительными фартуками также проводится отвод запыленного воздуха. Таким образом, выводится из короба пыль, которая естественным образом пришла во взвешенное

состояние, и которая вышла в зазоры. В этом случае концентрация пыли в коробе может достигать больших значений, однако это допустимо, т.к. пыль не взрывоопасна.

Движение материала в норях осуществляется в виде блоков, сгустков и отдельных частиц. Мелкие частицы, движущиеся индивидуально, не попадают в разгрузочный короб и накапливаются в объеме нории [9]. Движущийся материал, выброшенный из ковша, эжектирует окружающую запыленную среду в верхний разгрузочный транспортер. Поэтому, часть мелких частиц захватывается крупными частицам вместе с эжектируемым воздухом [5]. Анализ имеющихся исследований позволяет сделать вывод, что для крупных частиц (более 100 мкм) коэффициент эжекции, равный отношению объемного расхода воздуха к объемному расходу дисперсного материала $kэ=Qв/Qм$, находится в диапазоне 0,9–9 [5]. Источник накопления пыли находится в верхней части нории. Пыль диффундирует по всему объему нории [9]. Давление пылевого столба на башмак нории составляет величину $Pст = gHсд$. При высоте нории 40 м давление составляет 1,4 кПа, что сопоставимо с сопротивлением аспирационной установки. При повышенном давлении пыль из башмака нории поступает в загрузочный транспортер, распространяется по всей его длине и достигает начального пункта подачи материала. При отсутствии герметизации и аспирации пыль поступает в окружающую среду. Таким образом, нижняя часть нории находится под высоким избыточным давлением. Обычно система аспирации расположена у башмака нории. Однако, расчеты показывают, что пыль начинает распространяться из верхней части нории. Поэтому аспирация должна быть выполнена в головной части нории. При этом устраняется явление накопления пыли в трактах потоков. На рис. 4 показана схема с аспирацией в верхней части нории.

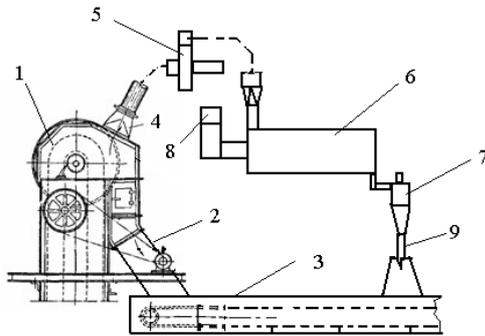


Рис. 4. Схема аспирации головки нории: 1 – верхняя головка нории, 2 – материалопровод, 3 – транспортер, 4 – пылеотводной патрубок, 5 – вентилятор, 6 – концентратор, 7 – пылеуловитель, 8 – выход очищенного воздуха, 9 – уловленная пыль.

Трудности реализации такой схемы аспирации заключаются в размещении оборудования из-за стесненности располагаемого пространства. Использование эффективных противоточных концентраторов [10] может решить проблему размещения аспирационного оборудования.

Список литературы:

1. Зенков Р.Л., Ивашков И.И., Колобов Л.Н. Машины непрерывного транспорта. – М.: Машиностроение, 1980. –304 с.
2. Тарасов, Ю. Д. Загрузочные и разгрузочные устройства ленточных конвейеров / Ю. Д. Тарасов. –М. : Недра, 1995. — 202 с.
3. <http://www.pole-news.ru/news-agro/news/tech-news/26-hi-tech/481-vliyanie-skorostnogo-rezhimara-boty-norij-na-ikh-moshchnostnye-pokazateli>
4. Василевский М.В., Романдин В.И., Зыков Е.Г. Транспортировка и осаждение частиц в технологиях переработки дисперсных материалов – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013.–288 с.
5. Василевский М.В., Романдин В.И. Оценки параметров дисперсной среды в механических и пневматических элеваторах // Контроль. Диагностика, 2014, №13. С.13—14.
6. Василевский М.В., Зыков Е.Г., Логинов В.С., Разва А.С., Некрасова К.В., Литвинов А.М., Глушко А.Ф., Кузнецов В.А.. Устойчивость обеспыливания воздуха инерционными аппаратами в аспирационных сетях конвейерных систем.// Цемент и его применение– 2009, №1, с. 17–19.
7. Аспирационное укрытие мест перегрузки сыпучего материала. Патент на полезную модель № 102603 Рос. Федерация; заявл. 26.10.2010; опубл. [10.03.2011](http://www.patent.gov.ru).
8. Аспирационное укрытие мест перегрузки сыпучего материала. Патент на полезную модель № 142259 Рос. Федерация; заявл. 14.02.2014; опубл. 27.06.2014.
9. Василевский М.В., Романдин В.И., Зыков Е.Г. Характеристики состояния дисперсной среды в механическом элеваторе // Изв.вузов. Физика– 2013. Т. 56 – № 9/3. С 43–45.

10. Василевский М.В., Зыков Е.Г., Разва А.С. Расчетная модель концентрирования частиц в противоточном цилиндрическом циклонном аппарате. // Теоретич. основы хим. технологии, 2011, т. 45, № 3 с. 321–328.

Влияние на производственные риски временного фактора возникновения пламенного горения твердофазных материалов

Фрянова К.О., Сечин А.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Трудности, вызванные обеспечением безопасности хранения и транспортирования веществ и материалов в химической отрасли являются одними из приоритетных в технологических процессах. При протекании крупных аварий в этой технологической фазе выходит из строя дорогостоящее оборудование, гибнут люди, наконец, возникают крупномасштабные чрезвычайные ситуации техногенного характера.

В ходе функционирования химико-фармацевтического предприятия в технологических объемах осаждаются пылеобразующие частицы, которые способные к самовозгоранию, что может привести к негативным последствиям. Именно поэтому определение технолого-производственного риска процесса, обеспечение его безопасности, создание надежных расчетных методов в данной отрасли является весьма актуальным.

Цель работы – определение влияния на технолого-производственные риски временного фактора возникновения пламенного горения твердофазных материалов.

Для достижения поставленной перед собой цели необходимо было решить следующие задачи:

- выявить достоинства и недостатки существующих в настоящее время методик для определения видов, функций и технологий определения технолого-производственного риска;
- ознакомиться с расчетно-аналитическим методом изучения термической стабильности полупродуктов и реакционных масс в изотермических условиях;
- провести анализ преимуществ и недостатков «Методики определения условий теплого самовозгорания материалов на основании расчета критических условий»;
- на основе уравнения материального баланса предложить математическую модель для определения времени индукции появления взрывоопасных концентраций пылеобразующих частиц внутри технологического оборудования.

Производственный риск – это вероятность несения предприятием дополнительных издержек или убытков, которые связаны со сбоями в технологическом процессе или остановкой производства, несоблюдением технологического процесса при выполнении операций или деятельности персонала, использованием сырья ненадлежащего качества и т.п. [1]

Производственные риски, в первую очередь, связаны с производством продукции, услуг и товаров, а также с осуществлением различных видов производственной деятельности, в процессе которой руководство предприятия сталкивается с проблемами нерационального использования сырья, увеличения потерь рабочего времени, роста себестоимости конечного товара, использования новых методов производства, а так же с возникновением непредвиденных ситуаций аварийного характера.

Процесс технологического производства включает в себя несколько различных этапов, на каждом из которых существует вероятность, что предприятие может понести потери в связи с непредвиденными событиями, к которым можно отнести ошибочные действия руководства или негативное воздействие внешней среды [2]. При реализации производственной деятельности стоит учитывать вероятность возникновения различного вида рисков на каждой ступени производственного процесса, начиная от закупки сырья и заканчивая реализацией конечной продукции.

Основные риски, возникающие в процессе производственной деятельности:

- риск в производственной деятельности
- риск кооперационный
- риск невостребованной произведенной продукции
- риск усиления конкуренции
- риск усиления конъюнктуры рынка
- риск возникновения непредвиденных затрат и снижения доходов
- форс-мажорные обстоятельства

Согласно проведенному в работе анализу к технолого-производственным рискам предприятия относятся на стадии готовой продукции и ее реализации. Недостатком этого является отсутствие, как анализа, так и методологии определения технологических рисков, рисков выхода оборудования из состояния устойчивого функционирования, что является предшествующим фактором при развитии ЧС.

В данной работе, большее внимание уделено риску развития чрезвычайной ситуации – воспламенения перерабатываемого материала и, как следствие этого, развитие пожара.

При ознакомлении с существующими расчетно-аналитическими методами изучения термической стабильности полупродуктов и реакционных масс в изотермических условиях было выявлено, что в настоящее время существует два вида термического анализа:

- количественный;
- качественный.

Качественный термический анализ является идентификацией исследуемого образца, основанной на данных о температурах его термических превращений.

Целью количественного анализа является определение количественного состояния исследуемого образца или характеристик данного образца и процесса.

В России наиболее популярным является определение термической стабильности по Методике определения условий теплового самовозгорания веществ и материалов.

Прибегая к данным расчетно-аналитическим методам изучения термической стабильности веществ и материалов в изотермических условиях, можно получить достоверную информацию о способности сохранять целевое вещество.

Сложность проблемы заключается в том, что критерии, которые позволяют оценить термическую устойчивость органического соединения, до сих пор не определены.

Для определения условий теплового самовозгорания материалов, необходимо построение дерева событий.

Данный метод позволяет проследить развитие возможных аварийных ситуаций и аварий, возникающих вследствие реализации событий, инициирующих аварийную ситуацию.

Главное преимущество дерева событий (по сравнению с другими методами) заключается в том, что анализ ограничивается выявлением только тех элементов системы и событий, которые приводят к определенному отказу системы или аварии.

Данный метод позволяет выявить слабые места в технолого-производственном процессе, а так же получить более полное представление о поведении самой системы в моменты выхода оборудования из устойчивого функционирования.

Определение пожаровзрывобезопасных условий переработки, транспортирования и хранения веществ, склонных к самовозгоранию возможно при успешной реализации расчетно-аналитического метода изучения термической стабильности полупродуктов и реакционных масс в изотермических условиях.

Анализируя представленное дерево событий (Рис.1) можно сделать следующее заключение. Критическую температуру отложений на нагретой поверхности оборудования возможно получить если вещество или материал имеет достаточную изученность, а большинство полупродуктов абсолютно не изучены. Таким образом, мы можем получить расчетные данные только для небольшого перечня веществ и материалов. Во всех других случаях необходимо проведение комплекса исследований. Это особенно проблемно для химико-фармацевтической промышленности: большое количество продуктов, полупродуктов и сырья и их малая изученность.

В лучшем случае изучены пожаровзрывоопасные характеристики, но по ним осуществлять расчеты весьма проблематично.

Поэтому необходима разработка некоторого метода приближенного определения времени индукции теплового самовозгорания на основе имеющихся пожаровзрывоопасных характеристик.

Для этого, на основе уравнения материального баланса нами предложена математическая модель для определения времени индукции появления взрывоопасных концентраций внутри технологического оборудования, благодаря которой возможно рассчитать время достижения ПДК взрывоопасной пыли в воздухе, время ведения аварийных работ, время развития аварийной ситуации, когда среда будет готова к взрыву.

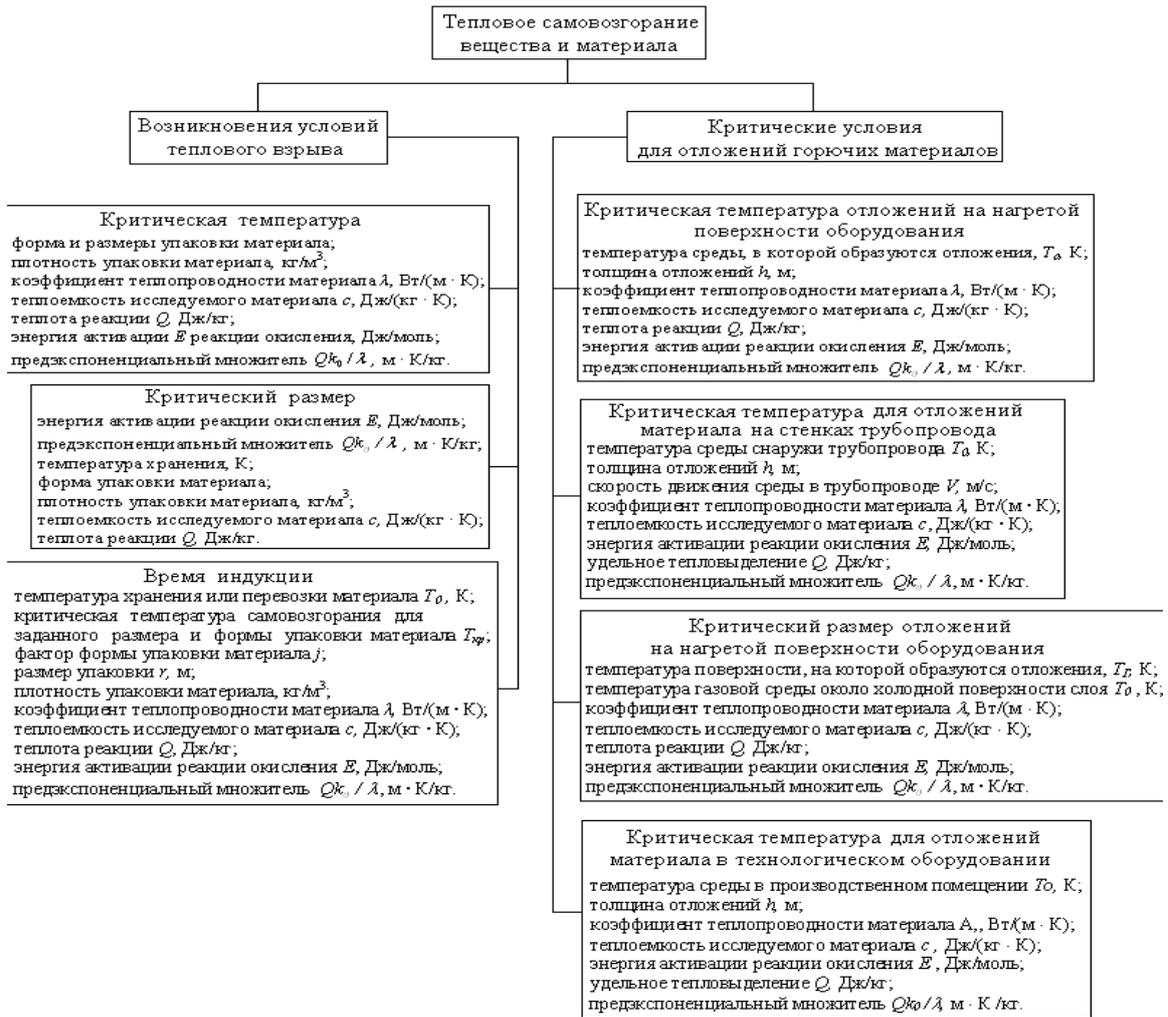


Рисунок 1. Дерево событий «Тепловое самовозгорание вещества и материала», основанное на «Методике определения условий теплового самовозгорания веществ и материалов»

Математическая модель определения времени индукции появления взрывоопасных концентраций внутри технологического оборудования

Если известна скорость поступления пара или газа в производственное помещение при повреждении или аварии аппарата, то можно определить тот промежуток времени, в течение которого концентрация горючего вещества в помещениях достигнет взрывоопасных пределов.

Естественно, что минимальный промежуток времени образования взрывоопасных концентраций при всех прочих равных условиях будет соответствовать концентрации шара или газа, равной нижнему пределу воспламенения $C_{НПВ}$ с учетом коэффициента запаса a .

В общем виде длительность нарастания взрывоопасной концентрации будет зависеть, кроме $C_{НПВ}$ и a , от объема помещения V , воздухообмена n и интенсивности поступления газа f , w , т. е.

$$\tau = F(C_{НПВ}, a, V, n, f, w) \quad (1)$$

Рассмотрим более конкретно эту функциональную зависимость.

При отсутствии воздухообмена в помещении. Когда производственное помещение не имеет принудительной вентиляции или вентиляция не надежна (отсутствует резервный вентилятор, не осуществлено питание электродвигателей от двух независимых фидеров), создаются наиболее благоприятные условия для образования взрывоопасных концентраций при повреждениях и авариях производственного оборудования или трубопроводов.

В этом случае количество горючего вещества, выходящего наружу из оборудования за промежуток времени dt , должно быть равно приращению количества горючего вещества в воздухе помещения за тот же промежуток времени dt , или

$$qd\tau = VdC, \quad (2)$$

где q — количество вещества, выходящего наружу в единицу времени; V — объем помещения; dC — приращение концентрации горючего вещества за время $d\tau$.

Проинтегрировав уравнение (2), получим:

$$q \int_0^{\tau} d\tau = V \int_0^{C_{НПВ}} dC,$$

$$q\tau = VC_{НПВ}.$$

Учитывая коэффициент неравномерности распределения концентрации или коэффициент запаса, равный 0,5, окончательно будем иметь

$$\tau = \frac{0,5C_{НПВ}V}{q}, \quad (3)$$

Если концентрация нижнего предела воспламенения $C_{НПВ}$ берется в объемных долях, то интенсивность поступления горючего вещества должна быть взята в $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$, а $\tau_{\text{взр}}$ будет в сек.

Таким образом, мы получили выражение по которому можно определить время за которое в рассматриваемом помещении накапливается концентрация горючего вещества до величины концентрационного предела взрываемости.

В результате выполненной работы можно сделать следующие выводы:

- влияние на технолого-производственные риски временного фактора возникновения горения твердофазных материалов весьма велико;
- предложен алгоритм определения времени индукции появления взрывоопасных концентраций внутри технологического оборудования;
- в работе обозначена проблема определения условий теплового самовозгорания веществ и материалов.
- В процессе исследования проводились:
- анализ достоинств и недостатков существующих методов определения производственных рисков;
- ознакомление с расчетно-аналитическим методом изучения термической стабильности полупродуктов и реакционных масс;
- проанализирована «Методика определения условий теплового самовозгорания материалов на основании расчета критических условий»;
- обоснована необходимость создания универсального метода для определения времени достижения пожаровзрывоопасной концентрации пыли в воздухе рабочей зоны и внутри технологического оборудования.

В результате исследования была предложена математическая модель для определения времени индукции появления взрывоопасных концентраций внутри технологического оборудования.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: при помощи данного метода определение технолого-производственного риска процесса, обеспечение его безопасности, создание надежных расчетных методов расчета становится более доступным.

Данные, полученные в результате этого исследования применимы для химико-фармацевтической промышленности.

Список литературы:

- 1 Управление рисками предприятия: учебное пособие / В.Н. Уродовских. – М.: Вузовский учебник, ИНФРА – М, 2011 год. – 168с.
- 2 Анализ и оценка рисков предприятий производственной сферы в процессе инвестиционного проектирования / Г.В. Прибыткова. – Вестник МГТУ, 2005 год. – том 8. - №2. – 300-305с.
- 3 Управление рисками промышленного предприятия: опыт и рекомендации / Р.Н.Федосова, О.Г.Крюкова. – М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2008год. – 125 с.
- 4 Исследование подходов к оценке рисков НИОКР / И.Б.Гусева, О.В.Кудряшова. – Наука в центральной России, 2013 год. – № 4. – 94-96 с.
- 5 Термические методы анализа: учебное пособие / В.И.Альмяшев, В.В.Гусаров. – СПб, СПбГЭТУ (ЛЭТИ), 1999 год. – 40с.

Обеспечение устойчивой работы аппаратов кипящего слоя, перерабатывающих пожаровзрывоопасные продукты*Сечин А.И., Задорожная Т.А.**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Процесс сушки является самым распространенным в промышленности процессом; важное место он занимает в производстве лекарственных препаратов химико-фармацевтической промышленности.

Важной тенденцией развития современной сушильной техники, позволившей интенсифицировать этот процесс при высоком качестве получаемой продукции, явилось применение гидродинамических режимов взвешенного слоя: классического кипящего (псевдооживленного) слоя, различных его модификаций: фонтанирования, вихревого слоя (закрученный поток), виброкипящего слоя и др. Но как показывают данные статистики, что одним из самых пожаро- и взрывоопасных технологических процессов является процесс сушки. Наиболее вероятными факторами развития аварийной ситуации оказываются как конструктивные особенности технологического оборудования, так и ошибка обслуживающего персонала, близость технологических параметров к опасному уровню. В процессе сушки в технологических объемах сушильных установок образуются гетерогенные системы взрывоопасных концентраций, одновременно происходит накопление зарядов статического электричества. Это обстоятельство снижает использование аппаратов с активными гидродинамическими режимами.

Целью работы явилось определение критерия безопасности для технологических объемов с повышенной концентрацией перерабатываемого материала.

Изучение таких факторов, как давление и компонентный состав, а также плотность аэрозвеси (доля свободного пространства, не занятого материалом μ , что в классической литературе называется порозностью [1]), может иметь принципиальное значение для формирования правильных представлений не только о сущности пределов распространения пламени в рассматриваемых системах, но и обеспечении пожаро- и взрывобезопасности процессов сушки.

Известно, что большое значение имеет гасящий диаметр сосуда, где проводятся испытания [2]. Не меньшее значение имеет показатель μ системы, по которой распространяется фронт пламени. Критерий Пекле на пределе гашения пламени определяется плотностью гетерогенной системы [3-5]. Предлагается показатель, характеризующий плотность рассматриваемой системы, обозначить как $\mu_{\text{безопасный}} - \mu_6$.

Приняв за основу формирования свойств системы критерий Пекле, мы можем получить условия, при которых горение ее будет невозможным, а значит и устойчивость химико-технологической системы будет максимальной. Эти условия базируются на двух факторах:

- процесс горения не может получить распространения, так как теплоотвод будет выше теплоприхода, а это зависит от плотности гетерогенной системы;
- плотность гетерогенной системы создается таковой, что фронт пламени не может по ней распространиться.

Для установления показателя μ_6 , который будет являться критерием безопасности проведения технологического процесса сушки необходимо выяснить, как количество высушиваемого материала соотносится с объемом теплоносителя, то есть, какой объем будет занимать аэрозвесь при равномерном распределении в нем частиц при условии, что фронт пламени в этом объеме не распространяется.

Принимаем, что диаметр частицы d' [мкм или мм] или средний диаметр частиц оксациллина (а также образующиеся агломераты) составляет 100 мкм или 0,1 мм.

Берем за основу, что размер щели, через которую может пройти пламя, составляет 1 мм, как для водорода [5].

Тогда диаметр частицы с воздушной оболочкой будет составлять $d=1+d'$, мм, то есть диаметр частицы оксациллина с воздушной оболочкой равен 1,1 мм.

Опираемся на известные данные:

- Кажущаяся плотность материала: $\rho_m = 335 \text{ кг/м}^3$.
- Масса сухого материала: $m = 70 \text{ кг}$.
- Объем, занимаемый сухим материалом: $V_m = 0,21 \text{ м}^3$.

Объем шаровидной твердой частицы определяется по формуле:

$$V_{ш} = \frac{1}{6} \pi d^3, \text{ м}^3.$$

Величина объема частицы с воздушной оболочкой составляет – 0,7 мм³. Это принимается за элементарный объем.

Объем одной частицы без воздушной оболочки – $V_{ч} = 0,0005 \text{ мм}^3$.

Определяем количество частиц в объеме сухого материала $V_{м}$:

$$n = \frac{V_{м}}{V_{ч}} = 420 \cdot 10^9 \text{ частиц.}$$

Тогда объем занимаемый этими частицами с воздушной прослойкой составляет $V = 420 \cdot 10^9 \cdot 0,7 = 294 \text{ м}^3$.

Таким образом, для высушивания материала массой 70 кг необходимый объем воздуха, который не поддержит горение, в случае возникновения аварийной ситуации, составляет 294 м³.

Определяем показатель μ_6 для рассматриваемой гетерогенной системы по выражению:

$$\mu_6 = \frac{V - V_{м}}{V} \quad (1)$$

Он составляет 0,9993. Таким образом, выражение (1) определяет μ_6 , при соблюдении которого сушильное устройство будет работать устойчиво, как с точки зрения тепло- и массообменных процессов, так и пожаровзрывобезопасности. Если $\mu_6 > 0,9993$, мы имеем гетерогенную систему способную к распространению пламени, а значит и развитию аварийной ситуации. Если $\mu_6 < 0,9993$, гетерогенная система не способна к распространению пламени.

Полученный критерий имеет важное значение при выборе способа сушки взрывоопасных продуктов. Если предлагается непрерывный способ сушки, то необходимо строгое соблюдение этого критерия при организации процесса в сушильной камере, особенно в периоды пуска и останова производства.

Известно, что рабочий объем сушилок кипящего слоя, применяемых в химико-фармацевтической промышленности, составляет не более 3 м³, и, учитывая, что процесс является периодическим с единовременной загрузкой, объем, полученный в результате расчета, то есть 294 м³ сжимается до 3 м³, что создает повышенную концентрацию высушиваемого вещества в сушильном устройстве.

Таким образом, мы получили решение задачи по организации процесса сушки в сушилке кипящего слоя, при котором наличие источника зажигания не является определяющим, так как параметры системы не поддерживают процесс горения даже при наличии ЛВЖ, что говорит об устойчивой работе таких аппаратов.

Список литературы:

1. Романков П.Г., Рашковская Н.Б. Сушка во взвешенном состоянии. – Л.: Химия. 1979. – 272 с.
2. Задорожная Т.А. Разработка критериев к построению моделей огнепреградителей / Т.А. Задорожная, Д.А. Лаптев, А.А. Сечин, А.И. Сечин // Проблемы геологии и освоение недр: материалы XI Международного научного симпозиума студентов, аспирантов и молодых ученых им. академика М.А. Усова. – Томск: Издательство НТЛ. – 2007. – С. 643-645.
3. Льюис Б., Эльбе Г. Горение, пламя и взрывы в газах. Пер. с англ. / Б. Льюис, Г. Эльбе; под ред. В.И. Кондратьева. – М.: Мир, 1968. – 592 с.
4. Математическая теория горения и взрыва / Я.Б. Зельдович [и др.]. – М.: Наука, 1980. – 478 с.
5. Розловский А.И. Основы техники взрывобезопасности при работе с горючими газами и парами / А.И. Розловский. – М.: Химия, 2 изд. перераб., 1980. – 376 с.

Способ совместного фотометрического определения хрома (VI) и железа (III) в природных и сточных водах

Ларионова Е.В., Бульгина К.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

E-mail: kseniab66@mail.ru

Значительная биологическая роль ионов хрома и железа определяет необходимость контроля их содержания в водах различного происхождения. Известно, что железо и хром часто сопутствуют друг другу в объектах окружающей среды и промышленных образцах. В поверхностные воды соединения трех- и шестивалентного хрома попадают в результате

выщелачивания из пород (хромит, крокоит, уваровит и другие). Некоторые количества поступают в процессе разложения организмов и растений, из почв. Значительные количества могут поступать в водоемы со сточными водами гальванических цехов, красильных цехов текстильных предприятий, кожевенных заводов и предприятий химической промышленности. Понижение концентрации ионов хрома может наблюдаться в результате потребления их водными организмами и процессов адсорбции [1]. Главными источниками соединений железа в поверхностных водах являются процессы химического выветривания горных пород, сопровождающиеся их механическим разрушением и растворением. Значительные количества железа поступают с подземным стоком и со сточными водами предприятий металлургической, металлообрабатывающей, текстильной, лакокрасочной промышленности и с сельскохозяйственными стоками [2].

В настоящее время известны достаточно чувствительные и избирательные спектрофотометрические методики последовательного определения хрома с дифенилкарбазидом и железа с ортофенантролином [3]. При этом возможно проявление мешающего влияния железа, требующего устранения химическими способами.

В связи с развитием аналитической химии в направлении экспрессности и компьютеризации методов анализа актуальным является разработка методики совместного определения железа и хрома из одной пробы. Эта задача может быть решена с использованием смешанного фотометрического реактива и математических приемов обработки сигналов.

Таким образом, целью данной работы является изучение возможности совместного фотометрического определения хрома (VI) и железа (III) со смешанным реактивом (дифенилкарбазид и ортофенантролин).

Для достижения цели должны быть решены следующие задачи:

- исследование аддитивности совместных спектров железа и хрома со смешанным реактивом;
- исследование выполнения закона Бугера – Ламберта – Бера;
- выбор приема обработки перекрывающихся сигналов и анализ возможности его применения на модельных смесях.

Для исследования возможности совместного определения хрома (VI) и железа (III) были изучены их индивидуальные спектры поглощения с дифенилкарбазидом и ортофенантролином в их смеси в присутствии смешанного реактива в кислой среде. Спектры снимали на спектрометре Agilent Cary 60 UV-Vis в интервале длин волн от 300 до 800 нм с разрешением 10 нм. На рис. 1 представлены полученные спектры. Как видно, спектры комплексов достаточно сильно перекрываются, но условие аддитивности в этом случае выполняется.

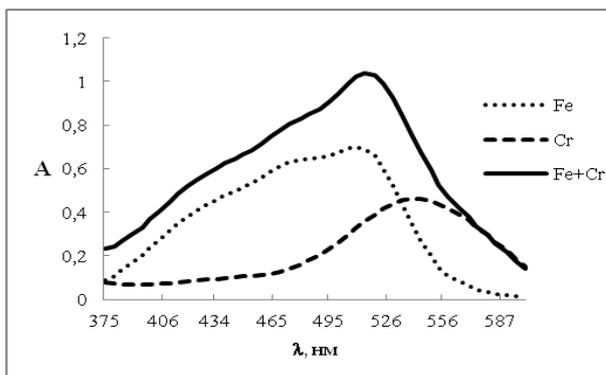


Рис. 1. Спектры поглощения окрашенных индивидуальных комплексов хрома (VI) и железа (III) и при совместном присутствии со смешанным реактивом (дифенилкарбазид и ортофенантролин)

Для определения индивидуальных веществ в данном случае необходимо применение математических приемов обработки сложных перекрывающихся сигналов. Для получения информации о содержании отдельных компонентов в смеси применяют подходы, связанные с выделением отдельного сигнала из перекрывающегося контура (методы подгонки кривых, многомерное разрешение), либо с использованием общего контура без его разделения (методы многомерной калибровки, метод Фирордта и др.) [4–6]. В данной работе предлагается использовать модифицированный метод стандартных добавок. Метод не требует применения сложных процедур разрешения и является достаточно точным при выполнении условия аддитивности перекрывающихся сигналов и закона поглощения для отдельных комплексов.

Для модифицированного метода стандартных добавок (N-point method) требуется получить серию совместных сигналов, где к исследуемой пробе последовательно делаются добавки второго компонента в смеси. Метод основан на построении градуировочных характеристик по полученной серии сигналов при двух длинах волн. Точка пересечения

градуировочных графиков H ($-C_H$, A_H) используется для определения концентрации двух компонентов в смеси, где $-C_H$ является неизвестной концентрацией первого компонента в смеси и A_H – оптическая плотность второго компонента [4, 5].

В работе предварительно были построены градуировочные характеристики индивидуальных комплексов хрома (VI) и железа (III) при максимуме поглощения при длинах волн 540 и 510 нм соответственно (Рис. 2). Найдено, что закон поглощения выполняется во всем исследуемом интервале концентрации.

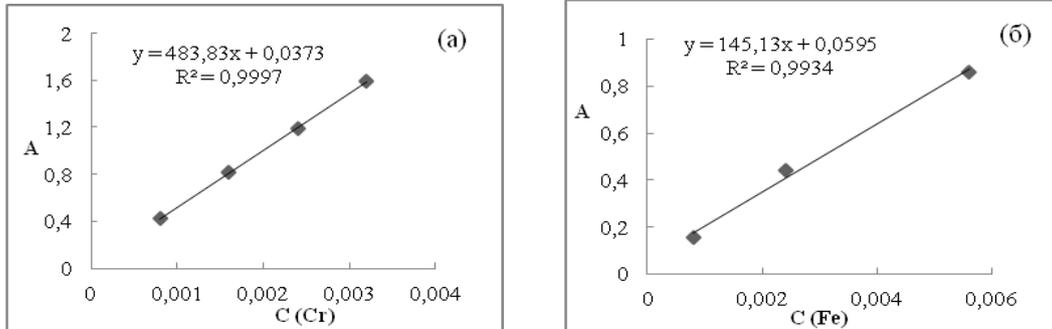


Рис. 2. Индивидуальные градуировочные графики: (а) хрома (VI) и (б) железа(III)

В данной работе получены серии спектрофотометрических сигналов хрома (VI) и железа (III) со смешанным реактивом (дифенилкарбазид и ортофенантролин) при их различном соотношении в смеси путем последовательных добавок железа (III) и хрома (VI) соответственно (рис. 4).

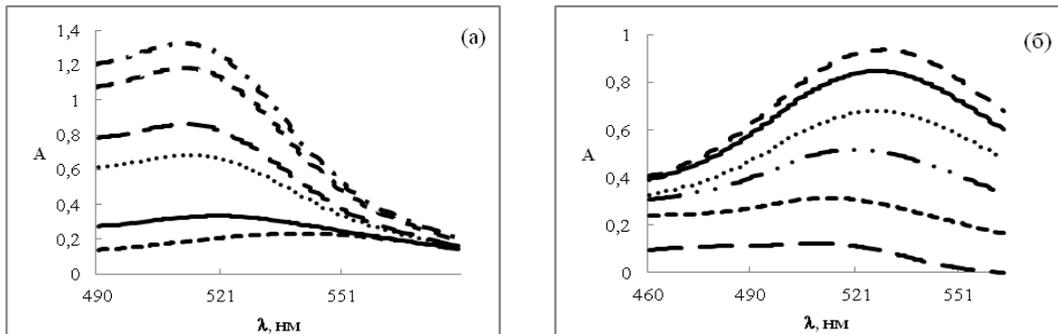


Рис. 3. Спектры поглощения комплексов хрома (VI) и железа (III) при их совместном присутствии со смешанным реактивом (дифенилкарбазид и ортофенантролин): (а) 0,0008 мг/л Cr(VI) и 0,0008; 0,0024; 0,0040; 0,0056; 0,0064 мг/л Fe (III); (б) 0,0008 мг/л Fe (III) и 0,0008; 0,0016; 0,0024; 0,0032; 0,0040 мг/л Cr(VI).

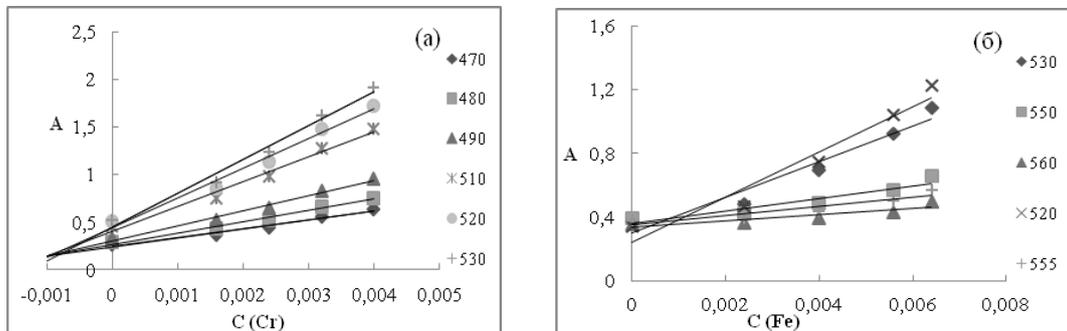


Рис. 4. Градуировочные характеристики совместных растворов: (а) железа (III) с добавками хрома (VI) при длинах волн 470, 480, 490, 510, 520, 530 нм и (б) хрома (VI) с добавками железа (III) при длинах волн 520, 530, 550, 555, 560 нм.

В модифицированном методе стандартных добавок необходимо определить пару длин волн, при которой определение концентраций двух компонентов в смеси будет вносить наименьшую систематическую погрешность [4, 5]. На рис. 5 представлена серия градуировочных графиков, полученных на основе спектров рис. 4 при различных парах длин волн. По точке пересечения двух градуировочных графиков определяли концентрации первого компонента в смеси: хрома (VI) и железа (III). Результаты определения концентрации хрома (VI) и железа (III) представлены в таблицах 1–2.

Как видно из таблиц 1 и 2, наименьшая систематическая погрешность определения хрома (VI) и железа (III) наблюдается при длинах волн 470/530 и 520/560 (или 530/560). Концентрацию второго компонента в смеси определяли из значения оптической плотности в точке пересечения двух градуировочных графиков при выбранной оптимальной длине волны. В таблицах 3–4 представлены результаты расчета концентрации второго компонента в смеси.

Таблица 1. Результаты расчета концентрации хрома (VI) для смеси, представленной на рис. 4а при различных парах длин волн

λ_1 / λ_2 , нм	Введено, мг/л	Найдено, мг/л
470/530	0,0008	0,0008
480/520	0,0008	0,0009
490/510	0,0008	0,0010

Таблица 2. Результаты расчета концентрации железа (III) для смеси, представленной на рис. 4б при различных парах длин волн

λ_1 / λ_2 , нм	Введено, мг/л	Найдено, мг/л
520/560	0,0008	0,0008
530/560	0,0008	0,0004
530/550	0,0008	0,0008

Таблица 3. Результаты расчета концентрации железа (III) для смеси, представленной на рис. 4а при различных парах длин волн

Введено, мг/л	Найдено, мг/л	Погрешность, %
0,0008	0,0008	0

Таблица 4. Результаты расчета концентрации хрома (VI) для смеси, представленной на рис. 4б при различных парах длин волн

Введено, мг/л	Найдено, мг/л	Погрешность, %
0,0008	0,0007	13

Найдено, что ошибка определения концентрации железа и хрома относительно известного введенного значения не превышает 13 %.

Таким образом, в работе показана возможность применения методики спектрофотометрического определения железа (III) и хрома (VI) со смешанным реактивом при использовании модифицированного метода стандартных добавок. Предлагаемая методика расширяет круг использования известных методик спектрофотометрического определения ионов железа и хрома и может быть использована для контроля их содержания в природных и сточных водах.

Список литературы:

1. Лаврухина А. К. Аналитическая химия хрома. – Л.: Химия, 1979. – 213 с.
2. Лурье Ю. Ю. Химический анализ производственных сточных вод / Ю. Ю. Лурье, А. И. Рыбникова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1974. – 335 с.
3. Методы спектрофотометрии в УФ и видимой областях в неорганическом анализе: пер. с пол. / З. Марченко, М. Бальцежак. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 711 с.
4. Rerg F. B., Falw P. C. H-point Standard Additions Method Part 1 Fundamentals and Application to Analytical Spectroscopy // Analyst. – 1988. – V. 113. – P. 1011–1016.
5. Abdollahi H. Simultaneous spectrophotometric determination of chromium(VI) and iron(III) with chromogenic mixed reagents by H-point standard addition method and partial least squares regression // Analytica Chimica Acta. – 2001. – V. 442. – P. 327–336.
6. Шараф М. А., Иллэн Д. Л. Хемометрика. – Л.: Химия, 1989. – 272 с.

Исследование влияния частоты механоактивации компонентов шихты на процесс получения пористых материалов самораспространяющимся высокотемпературным синтезом

Малик А.А., Закусилов В.В., Рыжков А.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Введение

Механоактивация материалов в мельницах является наиболее распространенной технологической операцией в современном производстве.

В исследовании рассмотрены направления развития работ по внедрению механохимических технологий для активации продуктов — создания материалов с необходимыми свойствами. Дана оценка перспективности механохимических технологий для получения материалов высокого качества с требуемыми свойствами, обеспечивающих долговечность, специальные и эксплуатационные свойства.

Целью исследования является изучение воздействия частоты, с которой осуществляется механоактивация, на получаемый материал, при постоянной величине времени воздействия.

Теоретическая часть

Механоактивация — активирование твердых веществ их механической обработкой. Измельчение в ударном, ударноистирающем или истирающем режимах приводит к накоплению структурных дефектов, увеличению кривизны поверхности, фазовым превращениям и даже аморфизации кристаллов, что влияет на их химическую активность. [1] Механоактивация — процесс образования вещества с большей химической активностью, вследствие предварительной механической обработкой. Механоактивация происходит, когда скорость накопления дефектов превышает скорость их исчезновения. Это реализуется в так называемых энергонагружаемых аппаратах: центробежных, планетарных и струйных мельницах, дезинтеграторах и др., где сочетаются высокие частота и сила механического воздействия.

Области применения планетарных мельниц [2]:

- химическая промышленность;
- производство керамики;
- производство строительных материалов, сухих строительных смесей;
- производство и регенерация катализаторов;
- производство абразивных материалов;
- измельчение пигментов;
- порошковая металлургия;
- горнодобывающая промышленность;
- активация концентратов руд для гидрометаллургии и пирометаллургии;
- производство фармацевтических препаратов;
- производство косметических композиций;
- производство удобрений;
- переработка трудноизмельчаемых твердых отходов;
- синтез новых материалов.

Классы обрабатываемых материалов [3]:

- оксиды (например, Al_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 , MgO , ZnO и др.)
- карбиды (SiC , B_4C , TiC и др.)
- нитриды (AlN , Si_3N_4 и др.)
- металлы, интерметаллиды и их сплавы (W , Mo , $NiTi$ и др.)
- композиционные материалы природного и синтетического происхождения (шунгит, бокситы, керметы, ситаллы и др.)
- твердофазные отходы
- растительное сырьё

Следствия механохимической активации [4]:

- снижение температуры спекания продуктов помола
- улучшение механических свойств материалов (снижение пористости, повышение прочности и улучшение пластических свойств и др.)
- повышение реакционной способности твердых реагентов

Часть механической энергии, подведенной к твердому телу во время активации, усваивается им в виде новой поверхности, линейных и точечных дефектов. Известно, что

химические свойства кристаллов определяются наличием в них дефектов, их природой и концентрацией.

Механоактивация смеси численно равна суммарному изменению свободной энергии системы под действием механических сил.

Одно из главных положений механоактивации заключается в том, что может быть механоактивация без измельчения, но не может быть измельчения без активации. Отсюда следует, что, во-первых, нельзя разделить измельчение и активацию: любое измельчение есть активация, так как под действием внешних сил увеличивается запас энергии измельчаемого вещества хотя бы за счет увеличения поверхностной энергии; во-вторых, любой измельчающий аппарат является механоактиватором.

Помол в любом аппарате даёт активацию обрабатываемого материала в большей или меньшей степени.

Каждый компонент в смеси играет свою собственную роль, имеет характерное строение кристалла, различную твёрдость, способность к размалываемости и активации. В связи с этим, каждый компонент смеси необходимо активировать в соответствии с его свойствами по отдельному режиму механоактивации.

Для механоактивации различных компонентов смеси необходимо регулировать вес помольной загрузки за счёт использования мелющих тел, изготовленных из различных материалов (в нашем эксперименте мы использовали металл).

Экспериментальные установки

В нашем эксперименте мы использовали шаровую планетарную мельницу АГО – 2С.



Рис. 1. Шаровая планетарная мельница АГО-2С

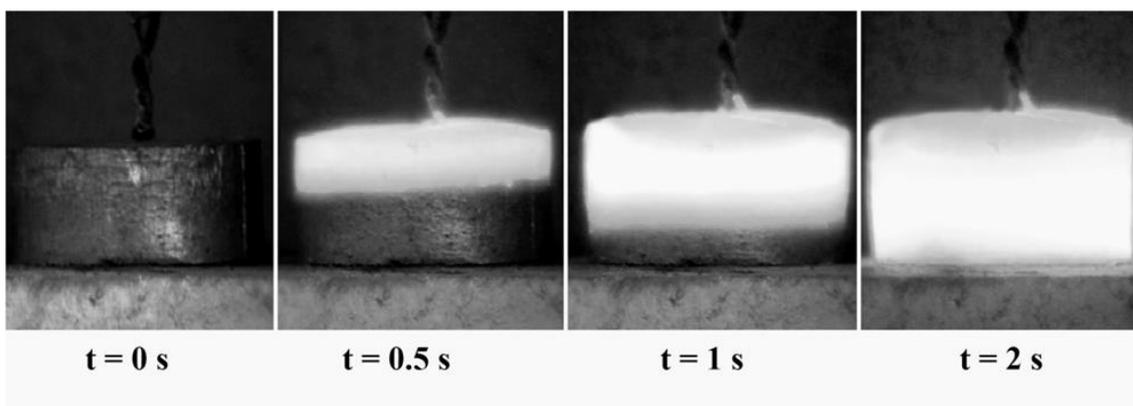


Рис. 2. Протекание СВ-синтеза

Планетарная шаровая мельница АГО-2С предназначена для быстрого сверхтонкого измельчения сверхтвёрдых порошковых материалов, получения субмикронных и нанопорошков и механоактивации материалов.

АГО-2С имеет 2 барабана по 150мл предназначена для быстрого (несколько минут) измельчения различных (в том числе сверхтвёрдых) порошковых материалов в лабораторных и полупромышленных условиях.

Технические характеристики АГО-2С:

- Количество барабанов 2
 - Вместимость барабана, мл 150
 - Загрузка барабана максимальная, г
 - мелющими телами 250
 - обрабатываемым материалом 100
 - Режим работы дискретный
 - Мощность электродвигателя, кВт 1,1
 - Расход воды для гидростатических опор и охлаждения, л/мин 2,0
- Габаритные размеры, мм 500x220x370
- Масса транспортная, кг 65
 - Питание 380V, 50Hz

Мельница АГО-2У комплектуются таймерным блоком управления и может быть выполнена в варианте с автономной системой охлаждения.

В планетарных мельницах непрерывного действия имеются 2 барабана, вращающиеся вокруг центральной оси и одновременно вокруг собственных осей в противоположном направлении (как планеты вокруг солнца). В барабаны загружаются мелющие шары и исходный материал для измельчения. Частицы материала измельчаются, претерпевая множество соударений с мелющими телами и стенками барабана. Эффективность планетарных мельниц обусловлена высокой кинетической энергией мелющих тел, которую они приобретают благодаря многократно увеличенной плотности и высокой скорости их движения. Попадая в среду сверхвысоких контактных взаимодействий внутри барабанов, материалы не только измельчаются, но и «заряжаются» энергией, которая может очень сильно изменить их физические и химические свойства.

Реактор для проведения СВ - синтеза

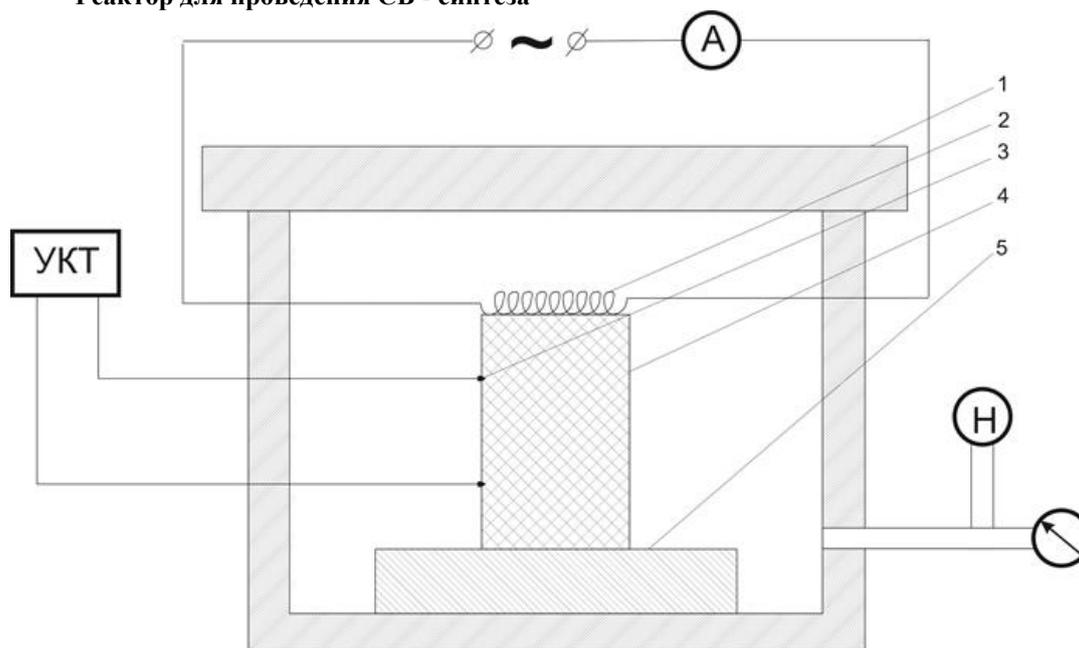


Рис. 3. Экспериментальная установка для получения СВС-материалов: 1 – корпус установки; 2 – иницилирующая спираль; 3 – термопара; 4 – образец; 5 – теплоизолирующая подставка; УКТ – универсальный контроллер температуры; Н – вакуумный насос

Методика эксперимента

Металлы, измельченные до состояния порошка, смешиваются в необходимой пропорции, согласно стехеометрическим расчетам. После чего данную смесь поместили в контейнер со свинцовыми шариками и, плотно закрыв установили её в мельницу. Когда процесс измельчения был закончен, данную смесь пропустили через сито и взвесили, чтобы узнать потери при проведении эксперимента. Потом, отмеряя определённое количество смеси, помещали её в форму

и начинали процесс прессования при неизменном промежутке времени. После чего данную таблетку помещали в экспериментальную установку для получения СВС–материалов к ионизационной спирали и подносили к таблетке микротермопару, чтобы знать температуру образца. Далее закрывали крышку установки для получения СВС–материалов и откачивали воздух, после этого начинали постепенно нагревать образец. Также был проведён опыт вне вакуума, где был виден сам процесс СВС. Полученные результаты занесены в таблицу.

Сводный отчет по измерениям удельной поверхности При механической активации образца TiO_2 -В-Ni-Al в течение 10 минут.

Таблица 1. Механоактивация TiO_2 -В-Ni-Al в течении 10 минут

Код образца	Масса, г	Измеренное значение Ауд, м ² /г	Коэффициент корреляции
1 - 1	0,4573	6,979 ± 0,1420	0,99935
1 - 2	0,685	6,772 ± 0,0515	0,99991
3 - 1	0,5777	7,496 ± 0,0707	0,99986
3 - 2	0,5757	7,594 ± 0,0259	0,99998
5 - 1	0,694	8,787 ± 0,0517	0,99995
5 - 2	0,6619	9,736 ± 0,1400	0,99968
7 - 1	1,249	11,44 ± 0,6740	0,99468
7 - 2	0,8537	11,10 ± 0,0628	0,99995
9 - 1	0,702	7,965 ± 0,0596	0,99992
9 - 2	0,702	7,894 ± 0,0191	0,99999

Далее построили зависимость частоты механоактивации и измеренного значения.

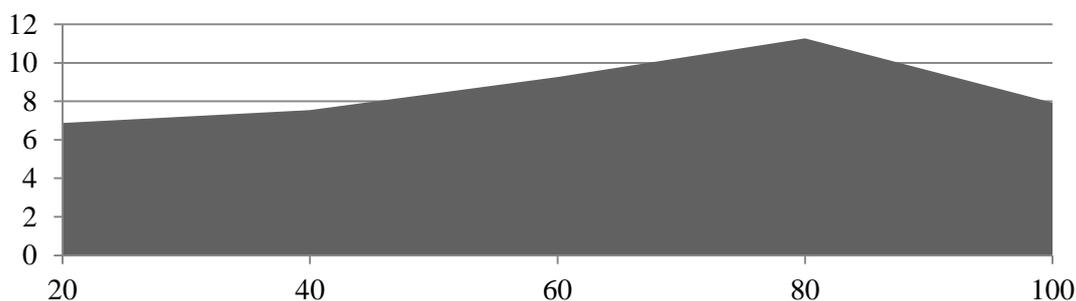


Рис 4. Зависимость частоты механоактивации и измеренной площади частиц порошка

Выводы:

Механоактивация открывает для реального производства новые возможности. Интеграция технологии в атомную промышленность даст не только более экономичные способы получения порошков, но и открывает качественно новые возможности практического применения знаний в области механоактивации, механохимического синтеза и механохимического легирования, получения таких материалов, которые можно использовать в самых различных условиях эксплуатации реактора, захоронении отходов и т.д.

Список литературы:

1. Лякишев Н.П. Энциклопедический словарь по металлургии. — М.: Интермет Инжиниринг. 2000. [1]
2. Тонкое измельчение и аттестация порошков [Электронный ресурс] <http://active-nano.ru/index.php> (дата обращения 20.11.2014) [2]
3. Группа компаний промышленный сервис «Леотек», Сферы применения, механоактивация [Электронный ресурс] (дата обращения 20.11.2014) <http://www.leotec.ru/catalog/detail.php> [3], [4].

Локальная система оповещения как основное средство оповещения промышленного объекта*Романцов И.И.**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**romantsovii@tpu.ru*

Оповещение населения - это своевременное предупреждение населения о надвигающейся опасности, а также информирование о порядке поведения в создавшихся условиях. Именно своевременное оповещение и информирование об истинном характере угрозы позволяют сократить возможные потери, препятствуют возникновению панических слухов, которые сами по себе в состоянии принести больше негативных последствий, чем чрезвычайная ситуация любого характера.

Главными задачами локальных систем оповещения является обеспечение: оперативности прохождения сигнала; ширины зоны покрытия территории во избежание "мертвых зон"; доходчивости доведения информации до населения. А также комплексное применение различных способов информирования (с помощью громкоговорителей, радио и телеаппаратуры, использование смс оповещения и т.д.). Необходимость этих задач вызвана минимизацией потерь населения, ущерба здоровью людей и объектам экономики. Локальная система должна включаться оперативно, с тем, чтобы информация об угрозе заражения, затопления и т.п. дошла до граждан заблаговременно, чтобы оставалось время для применения мер защиты. В критической ситуации дежурный диспетчер (сменный инженер) сам принимает решение и немедленно подает сигнал. Для предупреждения населения могут применяться и подвижные звуковещательные станции.

Системы оповещения создаются:

- на федеральном уровне - федеральная система оповещения (на территории Российской Федерации);
- на межрегиональном уровне - межрегиональная система оповещения (на территории федерального округа);
- на региональном уровне - региональная система оповещения (на территории субъекта Российской Федерации);
- на муниципальном уровне - местная система оповещения (на территории муниципального образования);
- на объектовом уровне - локальная система оповещения (ЛСО)

Локальная система оповещения представляет собой организационно-техническое объединение дежурной службы потенциально опасного объекта, технических средств оповещения, сетей вещания и линий связи.

Локальные системы оповещения предназначены для обеспечения доведения сигналов и информации оповещения до руководителей и персонала объектов; служб гражданской обороны; дежурных служб организаций, расположенных в зоне действия системы оповещения; оперативных дежурных служб органов управления по делам ГОЧС; населения, проживающего в зоне действия системы оповещения.

При катастрофах, прогнозируемые последствия которых не выходят за границы потенциально опасного объекта, оповещаются: руководители и персонал объекта; объектовые силы и службы гражданской обороны; оперативные дежурные службы органов управления по делам ГОЧС субъекта Российской Федерации, города, городского района.

При авариях, прогнозируемые последствия которых выходят за границы потенциально опасного объекта, дополнительно оповещаются:

- персонал организаций, расположенных в зоне действия локальной системы оповещения;
- население, проживающее в зоне действия локальной системы оповещения.

Зоны действия локальных систем оповещения определяются в соответствии с действующими нормативными документами и с учетом особенностей построения сетей связи и вещания в районе размещения потенциально опасного объекта:

- в районах размещения ядерно- и радиационно опасных объектов – в радиусе 5 км вокруг каждого из объектов (включая поселок у объекта);
- в районах размещения химически опасных объектов – в радиусе до 2,5 км вокруг каждого из объектов;
- в районах размещения гидротехнических объектов (в нижнем бьефе, в зонах затопления) – на расстоянии до 6 км от каждого объекта.

В настоящее время происходит много катастроф, аварий, пожаров в которых при несвоевременной подаче информации о происшествии, происходит потеря времени на эвакуацию,

тем самым приводя к гибели людей. Поэтому актуальность состоит в создании и внедрении в массовое использование новых технологий локального оповещения.

К перспективным технологиям можно отнести оповещение населения посредством домофонов в жилых домах. Подобные разработки уже используются в ряде регионов.



Таким образом, жильцам многоэтажного дома можно экстренно сообщить, какие меры необходимо принять в случае чрезвычайной ситуации.

А на потенциально опасных объектах перспективной технологией оповещения можно отнести электросирены С-40М (С-40), С-28.



Схема действия:

1. Команды запуска оповещения с пульта МЧС передаются по радиоканалу на объектовые станции (устройства системы оповещения, установленные на объектах защиты).
2. Принятая объектовой станцией команда передается на блок запуска сирен С-40М (С-40), С-28, которые подают сигнал посредством непрерывного/прерывного вещания.

Таким образом, при оперативном доведении информации о происшествии, тем самым сокращается время эвакуации людей и сохранении жизни и здоровья, оповещение населения имеет высокую эффективность. Иными словами, ущерб от той или иной чрезвычайной ситуации сводится к минимуму.

Список литературы:

1. Буланенков С.А., Воронков С.И. и др. Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Калуга: ГУП "Облиздат", 2001.
2. Постановление правительства Российской Федерации "О создании локальных систем оповещения в районах размещения потенциально опасных объектов" № 178 от 01.03.93.
3. Овсяников А., В центре внимания – системы оповещения и информирования, Журнал «Гражданская защита», 2014 г., №1.

Особенности охраны труда на предприятиях нефтяной и газовой отрасли

Романцов И.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Одним из ключевых моментов государственной политики в области охраны труда является развитие человеческого капитала и поддержание благоприятных условий трудовой деятельности. Несмотря на развитие концепции управления рисками в России, уровень травматизма остается очень высоким, а нарушения трудового законодательства повторяются.

Отсутствие защищенности работников от производственных аварий и рост числа профессиональных заболеваний в нефтяной и газовой отраслях являются серьезной проблемой, решение которой зависит от множества факторов. Неблагоприятные производственные условия не учитываются должным образом, а компенсационный механизм начинает работать только при возникновении несчастного случая.

Работодатели часто не выполняют требования законодательства, хотя одним из основных направлений в сфере охраны труда, в последние годы, является решение задач, которые определены Концепцией демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 9 октября 2007 года № 1351, связанной с реализацией комплекса мер, направленных на сокращение уровня смертности народонаселения от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

В ходе начавшейся реформы охраны труда и социального страхования в статью 209 ТК РФ были внесены необходимые изменения, назначением которых являлось введение основополагающих понятий о профессиональном риске. Согласно введенному определению, профессиональный риск – это вероятность причинения вреда здоровью в результате воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов при исполнении работником обязанностей по трудовому договору или в иных случаях, установленных ТК РФ, другими федеральными законами.

Поскольку профессиональный риск неразрывно связан с профессиональной деятельностью работников, правильно проведенным инструктажем, условиями труда на рабочих местах, состоянием здоровья, возрастом и стажем работы во вредных условиях труда, а также их защищенностью от рисков, то для его определения необходимо комплексное оценивание условий труда, состояния здоровья и защищенности работников СИЗ в рамках единой специальной оценки условий труда, Рис. 1.

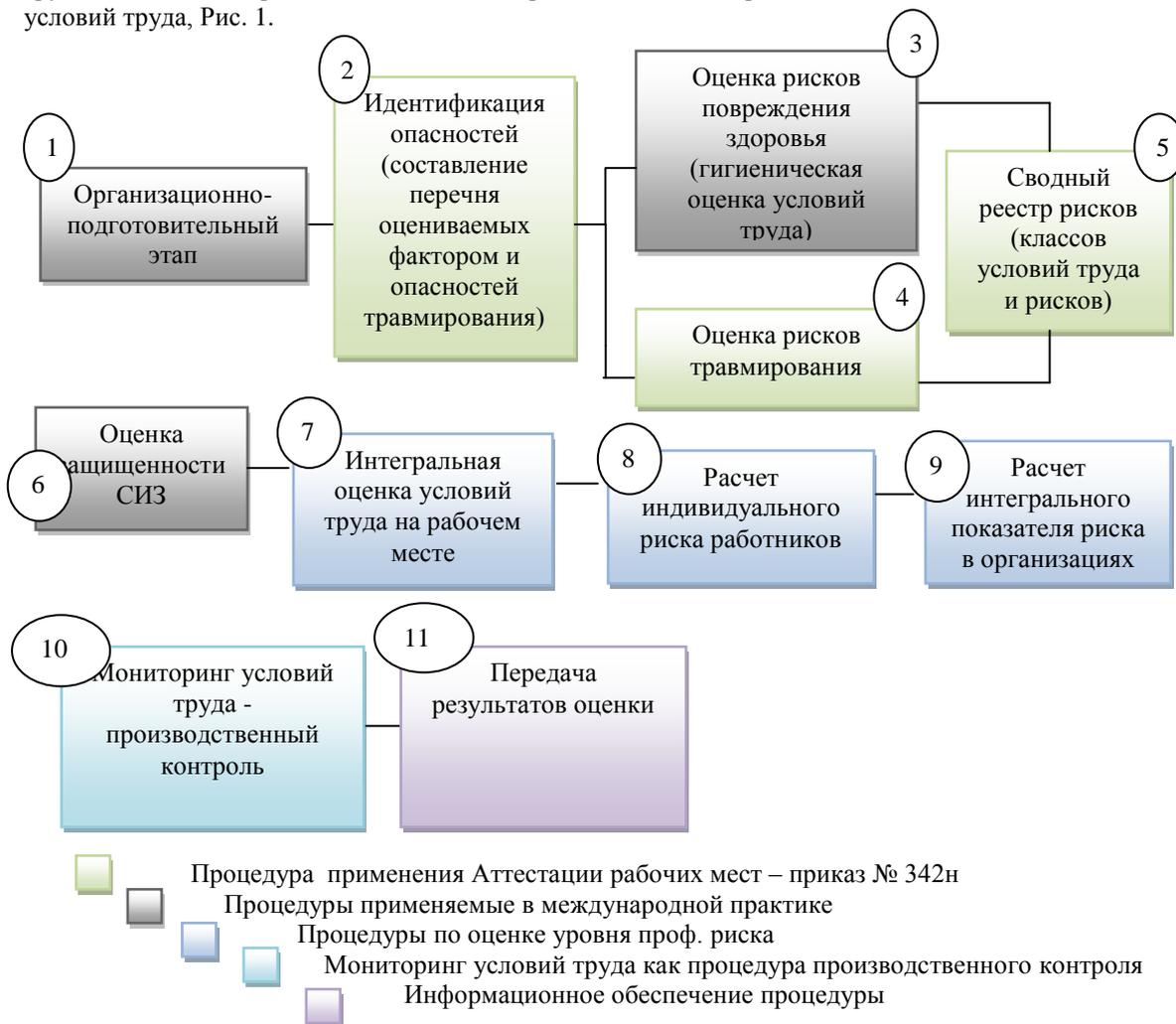


Рис. 1. Схема специальной оценки условий труда

Основной составляющей безопасности работника на рабочем месте являются инструктажи по охране труда и безопасному производству работ. От регулярности качества их проведения зависит уровень подготовки работников.

В Российской Федерации обязательность проведения инструктажей установлена различными нормативными актами, но все они берут свое начало с «ГОСТ 12.0.004-90 ССБТ «Организация обучения безопасности труда».

При проведении инструктажей может возникнуть много проблем организационного и технического характера. В зависимости от вида инструктажа (вводный, первичный, повторный, внеплановый, целевой) различаются условия их проведения, периодичность, содержание, ответственное лицо и т.д. Зачастую обязанности по их проведению на различных участках и подразделениях возлагаются на одного и того же человека, который выполняет данную работу в перерывах от своей основной деятельности. Такой подход очень часто ведет к тому, что проведение инструктажа становится лишь формальной процедурой, следовательно, при таком подходе и о каком-либо качестве их проведения говорить не приходится.

Нормативными документами установлено, что повторные инструктажи должны проводиться не реже одного раза в полгода, но для многих профессий, связанных с выполнением работ с повышенной опасностью, могут устанавливаться более частые сроки их проведения. Например, согласно приказу Минэнерго Российской Федерации от 17 июня 2003 г. №225 «Об утверждении Правил работы с персоналом в организациях нефтепродуктообеспечения Российской Федерации» для части профессий допускается сокращение периодичности повторных инструктажей вплоть до одного месяца с проведением его по отдельным темам полной программы при условии, что каждая тема и полный объем инструктажа повторяются не реже одного раза в квартал и одного раза в полугодие для соответствующих групп работников. В результате, получается, что планирование и контроль своевременного проведения инструктажа связан с выполнением трудоемкой работы, связанной с составлением и актуализацией графиков, а также подготовкой различной документации по их проведению.

Одним из способов повышения эффективности охраны труда на рабочем месте является введение в организации автоматизированных систем, предназначенных для обучения, проверки знаний и проведения инструктажей.

Автоматизированная система проведения обучения и инструктажа на рабочем месте может в значительной мере снизить трудозатраты на их подготовку и проведение, а также, позволит добиться более четкого соблюдения периодичности инструктажей, нежели если это будет делаться работником.

Актуальностью введения автоматизированных систем является то, что для каждого вида профессиональной деятельности можно разработать свою программу, связанную именно с той рабочей деятельностью, которой занимается работник. Также, после просмотра инструктажа, работнику будет необходимо пройти серию тестовых заданий, для закрепления полученных знаний, которые будут сохраняться в базе данных и, в дальнейшем, по ним можно будет судить о профессиональных знаниях работника.

Таким образом, можно говорить о том, что использование автоматизированных систем проведения инструктажей на рабочем месте значительно повысит эффективность мероприятий по охране труда. Ведь благодаря тому, что работник пройдет не только сам инструктаж, но и закрепит свои знания предлагающимся тестовым заданием, будет значительно снижен риск ошибки в процессе деятельности и снизится вероятность возникновения несчастных случаев на производстве. Также автоматизированная система позволит исключить формальный подход к проведению инструктажей по охране труда, поможет сэкономить значительное количество времени на подготовку, проведение и оформление их результатов, а также позволит уменьшить риск возникновения несчастных случаев на производстве.

Список литературы:

1. «ГОСТ 12.0.004-90 ССБТ «Организация обучения безопасности труда». (Введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 05.11.1990 N 2797. Переиздан Апрель 2010 г.)
2. «Концепция демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года» (Установлен Указом Президента Российской Федерации от 9 октября 2007 года № 1351).
3. Приказ Российской Федерации «Об утверждении Правил работы с персоналом в организациях нефтепродуктообеспечения Российской Федерации» (утв. приказом Минэнерго РФ от 17 июня 2003 г. №225).

УДК 614

Информирование населения о возникновении чрезвычайной ситуации в местах массового скопления людей*Романцов И.И.**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Существует множество постоянных факторов внешней среды, влияющих на безопасность людей. Их влияние, как правило, носит вредный характер воздействия на человека и не является непосредственной угрозой здоровью, т.е. опасностью. К сожалению, людям свойственно быстро забывать негативные эмоции, ранее вызванные происшествиями или авариями. Чтобы свести к минимуму опасные поражающие факторы источника чрезвычайной ситуации (далее - ЧС), воздействующие на общество, следует ни в коем случае не забывать о превентивных методах защиты и организации безопасности в местах повышенного скопления людей, каковыми являются образовательные учреждения различного уровня, производственные предприятия, культурно массовые и спортивные сооружения. Очень важным фактором на первичном этапе развития ЧС является четкая, оперативная, краткая и информативная работа системы локального оповещения о возникновении ЧС. Своевременное и качественное оповещение способствует значительному сокращению, а иногда и полному исключению жертв и материального ущерба. Также важной частью оповещения является качественное взаимодействие всех видов оповещения и информирования (с помощью громкоговорителей, экранов типа «бегущая строка» и т.д.). Необходимость этого взаимодействия возникает в связи с тем, что использование лишь одного вида оповещения не дает гарантии о доведении информации об угрозе ЧС до всего населения, попадающего в зону ЧС. Другими словами, оповещение необходимо рассматривать как единую, целостную систему.

Рассмотрим особенности оповещения в местах массового скопления людей на примере образовательных учреждений. Наиболее часто случающимися ЧС (в общем объеме происшествий) в учебных заведениях являются пожары в учебных корпусах, лабораториях и обрушения зданий. Стоит обратить внимание на то, что далеко не всегда образовательные учреждения отвечают требованиям безопасности, в том числе и пожарной. Например, по данным Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (далее – МЧС) в зданиях образовательных учреждений произошло в 2004 г. – 936 пожаров, в 2005 г. – 694, в 2008 г. – 431, в 2011 г. – 387, в 2012 г. – 331.

Актуальность проблем пожарной безопасности в образовательных учреждениях обусловлена тем, что несмотря на все принимаемые меры по предупреждению возгораний, таковые случаются с удручающей регулярностью. В отдельных трагических случаях чрезвычайные происшествия становятся причиной смерти людей. В связи с этим, необходимы дополнительные меры для обеспечения пожарной безопасности, и, прежде всего, в учебных корпусах, лабораториях и на территориях, прилегающих к ним (общежития, предприятия общественного питания, спортивные и культурно-зрелищные сооружения на территории образовательных учреждений), где учащиеся и преподаватели проводят значительную часть своего времени.

Чтобы снизить уровень опасности в учреждениях образования, принимаются различные меры государственной политики по обеспечению пожарной безопасности российских образовательных учреждений. Целенаправленная работа по обеспечению безопасности образовательных учреждений осуществляется Министерством образования и науки России. Также обращается внимание на необходимость ежегодно проводить мониторинг готовности образовательных учреждений к новому учебному году в соответствии с требованиями Минобрнауки России, МЧС России и Роспотребнадзора.

Вся система пожарной безопасности и эвакуации людей должна быть взаимосвязанной между образовательным учреждением и пожарной охраной. Оповещение и управление эвакуацией людей при пожаре должно осуществляться следующими способами, а лучше их комбинацией:

- подачей звуковых и (или) световых сигналов во все помещения здания с постоянным или временным пребыванием людей;
- трансляцией текстов о необходимости эвакуации, путях эвакуации, направлении движения и других действиях, направленных на обеспечение безопасности людей;

- трансляцией специально разработанных текстов, направленных на предотвращение паники и других явлений, усложняющих эвакуацию;
- размещением эвакуационных знаков безопасности на путях эвакуации;
- включением эвакуационных знаков безопасности;
- включением эвакуационного освещения;
- дистанционным открыванием дверей эвакуационных выходов (например, оборудованных электромагнитными замками);
- связью пожарного поста, диспетчерской с зонами пожарного оповещения.

Актуально оснащение его высших учебных заведений и дошкольных образовательных учреждений автоматическими пожарными системами, так как им достаточно всего 1 минуты для передачи сигнала о пожаре в единую дежурно диспетчерскую службу, после которой сигнал в автоматическом режиме перенаправляется на прямую в пожарную часть, которая расположена ближе всех к объекту.

Как показывает статистика, при возникновении ЧС, находясь в шоковом состоянии, человек затрачивает значительное время для принятия правильного решения. К тому же значительно увеличивается время вызова специальных подразделений, так как человек сначала по мобильному телефону или иным средствам связи должен позвонить по номеру 01 или 010, а по недавним изменениям 112.



Также определенные сложности составляют восприятие сообщений и инициирование у участника учебного процесса правильных реакций на сообщения о ЧС. И основная сложность заключается в нерациональности выбранных параметров сообщений. В связи с отсутствием в настоящее время соответствующих методических подходов, выявление рациональных параметров сообщений для оповещения участников учебного процесса при ЧС является актуальным.

Один из нерациональных параметров текстового сообщения – это сложность смысловых блоков текстовых сообщений, их доступность для правильного восприятия и осмысления. Учитывая разницу в интеллектуальных способностях и багаже знаний оповещаемых, сообщение должно быть максимально простым в понимании, как для преподавательского состава, так и для студентов всех возрастов и специальностей.

Важно выделить и то, что сообщение должно состоять из двух блоков: описательного, дающего необходимую информацию о чрезвычайной ситуации, и предписывающего, цель которого – регламентация последующих действий студента. Вполне очевидно, что описательные блоки для различных ЧС не будут иметь большие различия в сложности. Однако предписывающие блоки могут повлечь за собой те или иные сложности в процессе реализации, как например, предписания «провести герметизацию помещения», «изготовить ватно-марлевую повязку и смочить её 2% раствором соды» и т.п. Наконец, немалую важность несет лаконичность сообщения и необходимость выделения в нём наиболее существенной информации. Другими словами, сообщение должно быть максимально коротким, но в тоже время давать максимальное количество полезной информации о ЧС.

Определенная комбинация конкретного объема сообщения, количества и сложности его смысловых блоков, при котором минимален риск поражения студентов и преподавателей при реализации действий по защите в ЧС и считается рациональным для конкретных значений контролируемых факторов. Далее, в зависимости от типов ЧС с конкретными вариантами обстановки и от характеристик реципиентов информации выявляются следующие рациональные параметры сообщения для каждого типа ЧС:

1. Минимальная сложность смысловых блоков (простота для восприятия и осмысления);
2. Наличие двух смысловых блоков (описательного и предписывающего блоков);
3. Минимальный объем сообщения.

Итак, при соблюдении всех мер пожарной безопасности в образовательных учреждениях и своевременным доведением информации о пожаре и эвакуации до участников образовательного процесса, соблюдая выявленные рациональные параметры при составлении сообщений, организация безопасности имеет высокую эффективность. Иными словами, ущерб от той или иной чрезвычайной ситуации сводится к минимуму

Список литературы:

1. Безопасность образовательных учреждений // Аналитический вестник № 8 (420) / М., 2011, апрель.
2. Федеральный закон от 21.12.1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».
3. Приказ МЧС РФ от 20 июня 2003 г. N 323 "Об утверждении норм пожарной безопасности "Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях" (НПБ 104-03).
4. Верескун А.В., Аюбов Э.Н., Прищепов Д.З., Применение современных информационно-коммуникационных технологий в решении задачи минимизации и ликвидации последствий првления терроризма, Научный публицистический сборник «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», Всероссийский Институт научной и технической информации, Москва, 2013 г., выпуск №3.
5. Овсяников А., В центре внимания – системы оповещения и информирования, Журнал «Гражданская защита», 2014 г., №1.

Использование современных технологий в системе оповещения для повышения безопасности в студенческой среде при возникновении угрозы жизни

Романцов И.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Исключительную важность систем оповещения регулярно подчеркивают возникающие в разных уголках нашей планеты чрезвычайные ситуации (далее - ЧС). Своевременное оповещение и информирование населения об угрозе возникновения ЧС способствует значительному сокращению, а иногда и полному исключению, жертв и материального ущерба. Также важной частью оповещения является качественное взаимодействие всех видов оповещения (оповещение с помощью телевидения, радио, громкоговорителей и т.д.). Необходимость этого взаимодействия возникает в связи с тем, что

использование лишь одного вида оповещения не дает гарантии о доведении информации об угрозе ЧС до всего населения, попадающего в зону возможной ЧС: с появлением телевидения и сети интернет, большинство людей перестали пользоваться радио; огромное количество телевизионных каналов затрудняет оповещение с помощью телевидения. То есть, оповещение необходимо осуществлять по всем имеющимся видам связи. Другими словами, оповещение необходимо рассматривать как единую, целостную систему.

На сегодняшний день трудно представить себе студента, который бы обходился без услуг сотовой связи. Мобильный телефон стал неотъемлемой частью сегодняшней молодежи, которая все активнее использует такие возможности своих устройств, как звонки и смс-сообщения. Этот факт свидетельствует о важности и необходимости оповещения населения о ЧС с помощью текстовых сообщений сотовой связи.

Однако восприятие этих сообщений и инициирование у студента правильных реакций на сообщения о ЧС составляют определенные сложности. И основная сложность заключается в нерациональности выбранных параметров текстовых сообщений. В связи с отсутствием в настоящее время соответствующих методических подходов, выявление рациональных параметров текстовых сообщений сотовой связи для оповещения населения при ЧС является актуальным.

Один из нерациональных параметров текстового сообщения – это сложность смысловых блоков текстовых сообщений, их доступность для правильного восприятия и осмысления. Учитывая разницу в интеллектуальных способностях и багаже знаний оповещаемых, сообщение должно быть максимально простым в понимании для населения всех возрастов и специальностей.

Важно выделить и то, что сообщение должно состоять из двух блоков: описательного, дающего необходимую информацию о чрезвычайной ситуации, и предписывающего, цель которого – регламентация последующих действий студента. Вполне очевидно, что описательные блоки для различных ЧС не будут иметь большие различия в сложности. Однако предписывающие блоки могут повлечь за собой те или иные сложности в процессе реализации, как например, предписания «провести герметизацию помещения», «изготовить ватно-марлевую повязку и смочить её 2% раствором соды» и т.п.

Процесс инициирования у студента правильных действий по защите в ЧС наиболее полно можно представить в виде модели «черного ящика». Рассмотрим в качестве «входа» контролируемые (учитываемые), неопределенные и управляющие факторы.

В качестве контролируемых, рассмотрим следующие факторы:

а) прогнозируемые и реальные параметры обстановки при ЧС - вид источника ЧС, время и место его возникновения, характер, метеорологические характеристики и т.п. Очевидно, что различные параметры обстановки даже при одном и том же виде ЧС в определяющей степени влияют на требуемый характер действий и, соответственно, на содержание предупреждающей информации;

б) характеристика реципиента информации – умственные способности, возраст, физические возможности и др. Всё это влияет, прежде всего, на знания человека, также на область его практических действий. Так, не вызывает сомнения то, что студент, учебная деятельность которого тесно связана с безопасностью жизнедеятельности, имеет более обширные знания в указанной области, чем студент начального курса вуза гуманитарного профиля. С этим связано и различие для них содержания предупреждающих текстовых сообщений;

в) место нахождения реципиента информации. Это тоже влияет на содержание сообщений при оповещении студентов о ЧС и связано, например, с наличием ЗСГО (защитных сооружений Гражданской Обороны) в непосредственной близости от места пребывания студента.

Говоря о неопределенных факторах, рассмотрим следующие виды неопределенностей:

1. физическую неопределенность факта ЧС, связанную с неточностью прогнозирования ЧС вследствие ограничений используемых методов или неточности приборного измерения предвестников ЧС;
2. лингвистическую неопределенность текстового сообщения сотовой связи для оповещения населения при ЧС.

Последняя связана с необходимостью оперирования конечным числом слов и структур фраз (предложений, абзацев, текстов) для описания за ограниченное время бесконечного

множества разнообразных обстоятельств при ЧС. Лингвистическая неопределенность порождается, с одной стороны, множественностью значений слов, а, с другой стороны, неоднозначностью смысла фраз, где словосочетания «сильные порывы ветра» (15, 20 или 25 м/с?), «взять ценные вещи» (ценные с точки зрения стоимостного эквивалента или дальнейшего удобства в процессе жизнеобеспечения?) могут пониматься по-разному. То есть, необходимо минимизировать лингвистическую неопределенность при смс-оповещении.

Наконец, ограничение по максимальному количеству алфавитно-цифровых символов также несет немалую важность. Суть такого ограничения заключается в придании лаконичности сообщению и необходимости выделения в нём наиболее существенной информации.

Определенная комбинация конкретного объема сообщения, количества и сложности его смысловых блоков, при котором минимален риск поражения студентов при реализации действий по защите в ЧС и считается рациональным для конкретных значений контролируемых факторов. Далее, в зависимости от типов ЧС с конкретными вариантами обстановки и от характеристик реципиентов информации выявляются следующие рациональные параметры сообщения для каждого типа ЧС и групп студентов:

1. Минимальная сложность смысловых блоков (простота для восприятия и осмысления);
2. Наличие двух смысловых блоков (описательного и предписывающего блоков);
3. Минимальный объем текстового сообщения (минимальное количество символов).

И так, при соблюдении выявленных рациональных параметров при составлении текстовых сообщений, действия информированного студента имеют высокую эффективность. Иными словами, ущерб от той или иной чрезвычайной ситуации сводится к минимуму. Таким образом, смс-оповещение имеет высокую эффективность, а значит, учитывая и широкое использование средств сотовой связи среди молодежи, данный вид оповещения является актуальным.

Очистка подземных вод с помощью фильтровального комплекса

Винокуров А.Р., Немцова О.А., Мартемьянов Д.В., Мухортов Д.Н., Дозморов П.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Одной из серьёзных проблем на сегодня в мире является недостаток питьевой воды, ее качественные изменения, несоответствие санитарно-гигиеническим требованиям [1, 2]. По оценкам экспертов, дефицит пресной воды быстро растет [3]. Эксплуатирующиеся водоочистные сооружения построены, как правило, по устаревшим технологическим схемам, предназначенным для кондиционирования природных вод с небольшим техногенным и антропогенным загрязнением, в настоящее время они не в состоянии обеспечить снабжение потребителей доброкачественной водой, так как их барьерные функции в отношении ионов тяжелых металлов, хлорорганических соединений, фенолов, нефтепродуктов и других распространенных загрязнений чрезвычайно малы [4]. Поверхностные воды не всегда могут быть использованы для организации централизованного водоснабжения в силу их уязвимости от антропогенного загрязнения. Реки по берегам которых расположены наиболее крупные населенные пункты, достаточно сильно загрязнены в результате многочисленных сбросов неочищенных стоков от промышленной деятельности, сельскохозяйственного производства, лесозаготовительных работ, добычи нефти и газа.

Постоянное ухудшение качества воды поверхностных источников, делает все более актуальным использование подземных вод для промышленных и бытовых целей. Основным ограничивающим фактором использования подземных вод является высокое содержание минеральных примесей, в частности марганца и железа. В настоящее время для деманганации и обезжелезивания подземных вод используются каталитическое окисление, мембранная очистка, ионообменный метод и др. По большинству параметров оптимальную очистку вод дает сорбционно-каталитический метод [5-6].

Для очистки подземных вод от присутствующих загрязнений: железо, марганец, жесткость, применяют комбинацию различных методов соединённых в конечном водоочистном комплексе. Выбор методов и оборудования, для очистки подземных вод, как правило, осуществляют в зависимости от качества очищаемой воды: диапазон загрязнений, концентрация загрязнений и т. д. На практике применяют различные водоочистные комплексы для очистки подземных вод, состоящие из отдельных модулей разных производителей.

На базе лаборатории № 12 ИФВТ ТПУ разработан водоочистной комплекс для очистки подземных вод от различных присутствующих в ней загрязнений. Данный комплекс состоит из: механического дискового самопромывного фильтра AZUD (100-130 мкм); напорной аэроколонны (в зависимости от концентраций загрязнений устанавливается компрессор, или озонатор); колонна с обезжелезивающей загрузкой; модуля с загрузкой Softnog – снижение солей жёсткости в воде; ёмкости накопительной; насоса второго подъёма; 3 модуля для фильтровальных материалов.

В процессе очистки, вода из скважины подаётся на механический фильтр, где происходит удаление крупных механических частиц находящихся в воде. Далее в аэроколонне, происходит насыщение воды кислородом, или озоном, для окисления находящихся в ней загрязнений. Потом вода подаётся в модуль с каталитической загрузкой ОДМ-2Ф, где происходит окисление железа и марганца, с переходом их в нерастворимое состояние. После каталитической обработки воды происходит удаление солей жёсткости в модуле с загрузкой Softnog. Далее, вода прошедшая первичную очистку поступает в накопительную ёмкость, где поддерживается её запас. С помощью насоса второго подъёма, вода из накопительной ёмкости поступает в первый фильтр, заполненный природным цеолитом Чугуевского месторождения с размером фракции 0,5 – 1,5 мм. Далее вода проходит второй фильтр, заполненный наноструктурным сорбционным материалом на основе пирита и глауконита модифицированного наночастицами оксигидроксида алюминия, где происходит более тонкая очистка. Размер гранул у данного сорбента 0,5 – 1,5 мм. После второго фильтра, вода поступает в третий модуль, где находится микробиологический адсорбент в виде керамики модифицированной наночастицами оксигидроксида алюминия, с размером фракции 0,1 – 1 мм.

Основное отличие созданного водоочистного комплекса от огромного числа, имеющихся сегодня на рынке, это отсутствие модуля с ионообменными смолами и как следствие реагентного бака с солью (NaCl). Также для более качественной очистки воды здесь присутствуют модули с природным цеолитом и наноструктурным сорбентом. Вместо лампы ультрафиолетового облучения, здесь присутствует фильтровальный модуль с микробиологическим адсорбентом. Имеется ряд преимуществ использования микробиологического адсорбента перед УФ облучением. Во-первых, УФ облучение очень плохо действует, если в воде присутствуют механические примеси, которые препятствуют уничтожению имеющихся в воде микроорганизмов. Во-вторых, УФ стерилизация является технологически сложным процессом. В-третьих, после действия УФ облучения, мёртвые тельца микробов разлагаются с выделением в очищенную воду ядовитых токсинов.

Для оценки структурных характеристик исследуемых материалов использовали метод тепловой десорбции азота. По данным измерения оценивали площадь удельной поверхности ($S_{уд}$) и значения удельного объема пор (P) образцов с использованием анализатора «СОРБОМЕТР М».

Исходную и прошедшую обработку воду содержащую ионы Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , определяли методом фотоколориметрии.

В табл.1 представлены физико-химические параметры материалов, применяемых в водоочистном комплексе: насыпная плотность, удельная поверхность и удельный объем пор.

Таблица 1. Физико-химические характеристики материалов

Образец	Фракция, мм	$S_{уд}$, м ² /г	P, см ³ /г
ОДМ-2Ф	0,5-2	28,18	0,012
Цеолит Чугуевский	0,5-1,5	20,32	0,009
Наноструктурный материал	0,5-1,5	62,14	0,026
Микробиологический адсорбент	0,1-1	117,82	0,033

Были проведены испытания установки по удалению железа из приготовленных модельных растворов. Эксперименты ведутся на модельном растворе сульфата железа (II) 7-водном. Модельные растворы готовились на водопроводной воде. Данную эффективность очистки раствора показало сочетание модулей: колонна аэрации и модуль с каталитической загрузкой. Результаты этих исследований представлены в таблице 2.

Таблица 5. Характеристики водоочистного комплекса для коттеджей*при очистке модельных растворов от Fe^{2+}

№ опыта	Расход, л/ч	Пропущенные литры	Начальная концентрация, мг/дм ³	Конечная концентрация, мг/дм ³	Степень очистки, %	
1	450	100	3,0 (10 ПДК)	0,19	93,67	
		300		0,15	95	
		600		0,14	95,34	
2	900	100		0,26	91,34	
		300		0,26	91,34	
		600		0,25	91,67	
3	1200	100		0,26	91,34	
		300		0,47	84,34	
		600		0,57	81	
4	500	100		8,0 (~ 27 ПДК)	0,07	99,12
		300			0,12	98,50
		600			0,13	98,37
5	700	100	0,08		99,00	
		300	0,09		98,87	
		600	0,09		98,87	
6	900	100	0,12		98,50	
		300	0,39		95,12	
		600	0,51		93,62	
7	450	100	10,0 (33 ПДК)		0,1	99,0
		300			0,13	98,7
		600			0,16	98,4
8	500	100		1,21	87,9	
		300		0,36	96,4	
		600		0,30	97,0	
9	700	100		0,13	98,7	
		300		0,51	94,9	
		600		0,56	94,4	
10	900	100		0,13	98,7	
		300		1,12	88,8	
		600		1,69	83,1	
11	1200	100	1,82	81,8		
		300	3,26	67,4		
		600	2,50	75,0		
12	500	100	15,0 (50 ПДК)	0,06	99,60	
		300		0,05	99,66	
		600		0,05	99,66	

Примечание:

- * - в данных испытаниях водоочистного комплекса были задействованы только Колонна аэрации и Модуль с обезжелезивающей загрузкой ОДМ-2Ф.
- модельные растворы готовились на водопроводной воде.
- начальная температура модельного раствора 9 – 10 °С, pH = 6,0 - 7,0.
- ПДК Fe = 0,3

Из таблицы 2 видно, что при концентрации Fe^{2+} в исходном растворе 3 мг/дм³, производительность водоочистного комплекса не должна превышать 900 л/ч, чтобы избежать превышения ПДК железа в фильтрате. При концентрации Fe^{2+} в исходном растворе 8 мг/дм³, производительность водоочистного комплекса не должна превышать 700 л/ч. Производительность водоочистного комплекса не должна превышать 500 л/ч, при концентрации железа в исходном модельном растворе 10 мг/дм³.

На рисунке 1 представлен график, на котором показана степень удаления марганца из исходного модельного раствора с помощью сочетания двух модулей (колонна аэрации и колонна с каталитической загрузкой) из тестируемого водоочистного комплекса. Эксперименты велись на

модельном растворе сульфата марганца (II) 7-водном. Модельные растворы готовились на водопроводной воде. ПДК Mn в воде - 0,1 мг/дм³. Работа с модельными растворами марганца велась в двух направлениях: окисление кислородом воздуха (рис. 1) и окисление озоном (рис. 2). При окислении марганца кислородом воздуха был использован воздушный компрессор, а при окислении марганца озоном был использован сухой озонатор местного производства. Озон отбирался из озонатора с помощью эжектора.

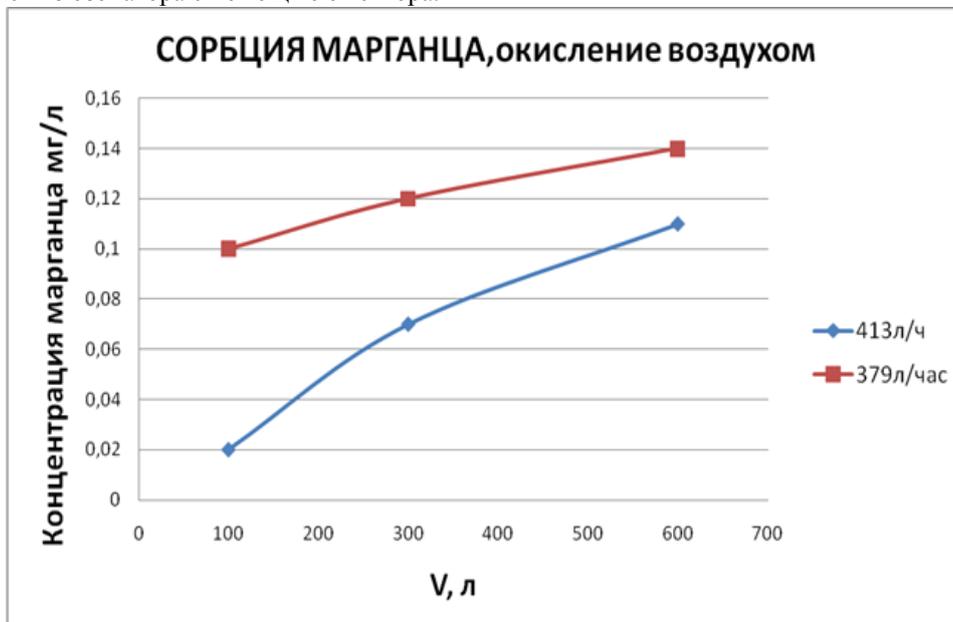


Рисунок 1. Удаление Mn²⁺ при исходной концентрации раствора 0,7 мг/дм³

Из графика на рисунке 1 видно, что эффективное удаление марганца из исходного раствора происходило при первых ста литрах фильтрации (при обеих производительностях), далее показания были выше ПДК марганца в воде.

На рисунке 2 показано удаление марганца из исходного раствора при использовании озона в качестве окислителя.

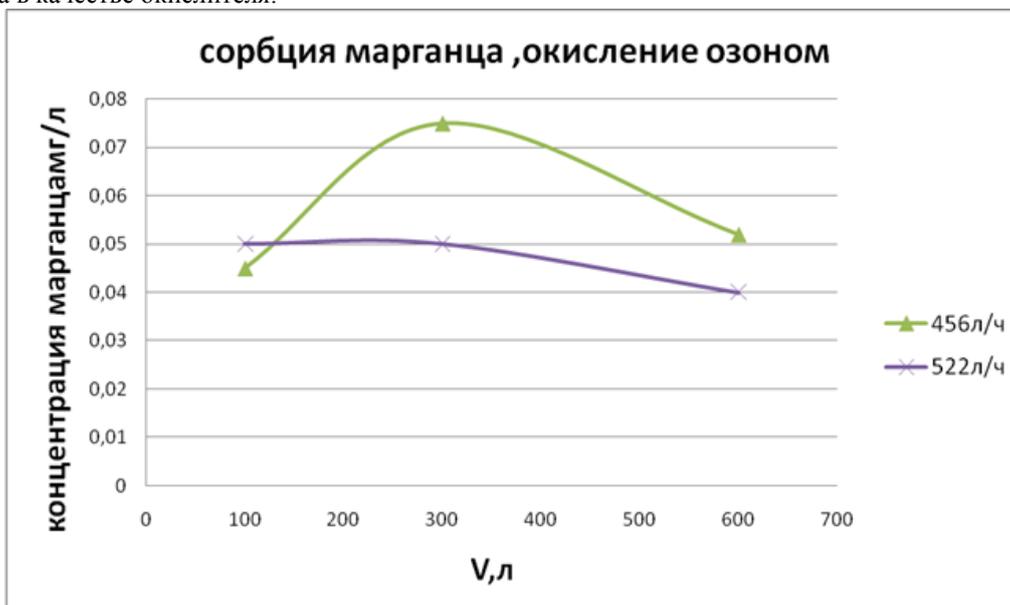


Рисунок 1. Удаление Mn²⁺ при исходной концентрации раствора 0,6 мг/дм³

Как видно из графика на рисунке 2, при разных производительностях, происходит очень эффективное удаление марганца из модельного раствора.

Выводы

1. По результатам проведённой работы, описана разработка водоочистного комплекса для очистки подземных вод.
2. Определены удельная поверхность и удельный объём пор у применяемых в водоочистном комплексесорбентов.
3. Представлена эффективность очистки модельного раствора от Fe^{2+} комбинацией двух модулей (азрационная колонна и фильтр с каталитической загрузкой).
4. Представлена эффективность очистки модельного раствора от Mn^{2+} комбинацией двух модулей (азрационная колонна с озонатором и фильтр с каталитической загрузкой).
5. Удалось выяснить возможность использования водоочистного комплекса для эффективной очистки подземных вод от железа и марганца.

Список литературы:

1. Тягунова Г. В., Ярошенко Ю. Г. Экология: учебник - М.: Интермет Инжиниринг, 2000. – 300 с.
2. Клячков В. А., Апельцин И. Э. Очистка природных вод. М.: Стройиздат. 1971. 579 с.
3. Фрог Б. Н., Левченко А. П. «Водоподготовка».-М., Изд-во МГУ, 1996 .
4. Королев А. А., Комяженкова Л. А. «Гигиенические рекомендации по условиям использования промывных вод фильтровальных водопроводных сооружений в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения». // Экспресс-информация. Вып.7. М.,1990.
5. Губайдуллина Т. А. Фильтрующий материал для очистки воды от марганца и железа, способ его получения и способ очистки воды от марганца и железа / Т.А. Губайдуллина // Экологические системы и приборы.- 2006 - №8 – С. 59-62.
6. Гончиков В. Ч. Фильтрующий материал для очистки воды от железа, марганца и сероводорода / В. Ч. Гончиков., Т. А. Губайдулина., О. В. Каминская, А. С. Апкарьян // Известия Томского политехнического университета. – 2012 - №3 – С. 37-40.

Расследование несчастных случаев на производстве при организации работ вахтовым методом

Сорокин К.В., Несынова Е.М., Гусельников М.Э., Гуляев М.В.

ОАО «Томскгазпром», г. Томск, Россия

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В соответствии со статьями 210, 212 Трудового кодекса РФ одним из основных направлений государственной политики в области охраны труда, а также обязанностью работодателя является расследование и учет несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний. Несмотря на принимаемые меры, в Российской Федерации продолжает оставаться значительным количество несчастных случаев на производстве. Так Рострудом было проверено свыше 16 000 результатов расследований несчастных случаев. В результате примерно в 80% случаев были выявлены нарушения связанные с невыполнением работодателями обязательных требований.

В связи с этим расследование несчастных случаев на производстве, особенно при организации работ вахтовым методом, требует от специалистов по охране труда системного знания и применения требований трудового законодательства, четкой регламентации процедуры расследования, установления и оценки всех юридически значимых обстоятельств, имеющих отношение к несчастному случаю, объективного и непредвзятого рассмотрения материалов расследования.

Порядок расследования и учета несчастных случаев регламентируют:

- Статьи 227-231 Глава 36 «Обеспечение прав работников на охрану труда» Трудового Кодекса РФ;
- Постановление Минтруда России от 24.10.2002 № 73 «Об утверждении форм документов, необходимых для расследования и учета несчастных случаев на производстве, и Положения об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях»
- Приказ Минздравсоцразвития РФ от 24.02.2005 № 160 «Об определении степени тяжести повреждения здоровья при несчастных случаях на производстве».
- Приказ Минздравсоцразвития РФ от 15.02.2005 № 275 «О формах документов, необходимых для расследования несчастных случаев на производстве».

Расследованию в установленном порядке как несчастные случаи подлежат события, в результате которых пострадавшими были получены: телесные повреждения (травмы), в том числе нанесенные другим лицом; тепловой удар; ожог; обморожение; утопление; поражение электрическим током, молнией, излучением; укусы и другие телесные повреждения, нанесенные животными и насекомыми; повреждения вследствие взрывов, аварий, разрушения зданий, сооружений и конструкций, стихийных бедствий и других чрезвычайных обстоятельств, иные повреждения здоровья, обусловленные воздействием внешних факторов, повлекшие за собой необходимость перевода пострадавших на другую работу, временную или стойкую утрату ими трудоспособности либо смерть пострадавших.

Для правильной квалификации события, в результате которого причинен вред жизни или здоровью пострадавшего, необходимо в каждом случае исследуются следующие юридически значимые обстоятельства:

- относится ли пострадавший к лицам, участвующим в производственной деятельности работодателя (часть вторая статьи 227 ТК РФ);

- указано ли происшедшее событие в перечне событий, квалифицируемых в качестве несчастных случаев (часть третья статьи 227 ТК РФ);

- соответствуют ли обстоятельства (время, место и другие), сопутствующие происшедшему событию, обстоятельствам, указанным в части третьей статьи 227 ТК РФ;

- произошел ли несчастный случай на производстве с лицом, подлежащим обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний (статья 5 Федерального закона от 24 июля 1998 г. № 125-ФЗ);

- имели ли место обстоятельства, при наличии которых несчастные случаи могут квалифицироваться как не связанные с производством (исчерпывающий перечень таких обстоятельств содержится в части шестой статьи 229.2 ТК РФ), и иные обстоятельства.

При расследовании несчастных случаев, произошедших при работе вахтовым методом, существуют некоторые особенности. Работа вахтовым методом – это специфическая форма организации труда, широко распространенная в нефтяной, газовой и лесной промышленности, строительстве, геологоразведке, на железнодорожном транспорте и применяемая в основном в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях, на труднодоступных и малоосвоенных территориях Сибири, Дальнего Востока.

В ч. 1 ст. 297 ТК РФ содержится определение вахтового метода как особой формы осуществления трудового процесса вне места постоянного проживания работников, когда не может быть обеспечено ежедневное их возвращение к месту постоянного жительства. Указанная специфика влечет за собой, в частности, применение особых режимов труда и отдыха на основе суммированного учета рабочего времени, регулярных поездок к месту выполнения работ и обратно к месту жительства, связанных с дополнительными расходами, а также специальные ограничения при выполнении такой работы.

Работники, привлекаемые к работам вахтовым методом, в период нахождения на объекте производства работ проживают в специально создаваемых работодателем вахтовых поселках. Эти поселки представляют собой комплекс зданий и сооружений, предназначенных для обеспечения жизнедеятельности указанных работников во время выполнения ими работ и междусменного отдыха, либо в приспособленных для этих целей и оплачиваемых за счет работодателя общежитиях, иных жилых помещениях.

Квалификация несчастного случая при организации работ вахтовым методом подразумевает анализ определенных признаков произошедшего несчастного случая: производственного, субъектного, пространственного и временного. Несчастный случай на производстве может произойти и при выполнении офисной, непромышленной работы. Надлежащим субъектом выступает работник, состоящий на момент наступления несчастного случая в трудовых отношениях с работодателем. Пространственный признак несчастного случая заключается в том, что несчастный случай должен наступить на территории работодателя.

Временной признак выражается в том, что несчастный случай должен произойти в рабочее время, либо когда работник следовал к месту служебной командировки или обратно, на работу или с нее на предоставленном работодателем транспортном средстве, осуществлял служебную поездку и в некоторых иных случаях, прямо указанных в ТК РФ.

Особую сложность представляют противоречия (коллизии) квалифицирующих признаков, то есть когда имеются условия и «за», и «против» определения случая как связанного с производством. Поэтому при расследовании таких несчастных случаев необходимо дополнительно устанавливать соотношение и приоритетность указанных выше признаков.

Рассмотрим один из таких случаев.

Операторы по добыче нефти и газа, после сдачи смены отправились на отдых. Отдых был организован в вахтовых вагончиках без выезда к постоянному месту жительства. Во время отдыха и в отсутствие согласования своего отъезда с руководством работники уехали на личном автотранспорте. В результате столкновения со стоящим на обочине автомобилем двое работников погибли, двое получили травмы легкой степени. Комиссия квалифицировала случай как связанный с производством, но работодатель ее решение обжаловал. Первоначально суды не соглашались с его доводами, ссылаясь, что при вахтовом методе работы вводится суммированный учет рабочего времени, при котором учетный период охватывает все рабочее время, время в пути от места нахождения предприятия (от пункта сбора) до места работы и обратно, а также время отдыха. То есть трудовые отношения на протяжении всего периода работы не прерываются и несчастный случай, имевший место во время междуменного отдыха, следует квалифицировать как связанный с производством.

Верховный Суд РФ не согласился с такими выводами, исследовав правомерность отождествления междуменного отдыха и рабочего времени для целей квалификации несчастного случая. Так, понятие первого не охватывается понятием «время выполнения работ на объекте» и, следовательно, включаемое в учетный период время междуменного отдыха не может рассматриваться как свидетельство исполнения в этот момент работником своих должностных обязанностей.

Кроме того, наличие трудовых отношений между работником и работодателем само по себе не может иметь определяющего значения при квалификации несчастного случая и определять его связь с производством.

Из данного примера видно, что расследование несчастного случая – сложный процесс, к которому следует относиться с предельным вниманием, обязательно устанавливать и оценивать все обстоятельства объективно и непредвзято рассматривать материалы расследования. Установление связи несчастного случая с производством при организации работ вахтовым методом представляет собой вопрос непростой и зависимый от конкретных обстоятельств. Квалификация несчастного случая – бесспорное право комиссии, но цель расследования – не только юридическая оценка имеющихся обстоятельств, но и установление их правового влияния на связь произошедшего события с производством.

Список литературы:

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 N 197-ФЗ.
2. Сафонов А.Л., Зурабов М.Ю., Исаев А.К., Шмаков М.В., Еремеев О.В. Комментарий официальных органов к Трудовому кодексу Российской Федерации. – М.: МЦФЭР, 2006. – 1328 с.
3. Определение Верховного Суда РФ от 15.04.2008 № 46-В08-2.

Внедрение автоматизированной системы управления охраной труда, промышленной и пожарной безопасностью в ОАО «Томскгазпром»

Несынов А.Н., Гусельников М.Э., Гуляев М.В.

ОАО «Томскгазпром», г. Томск, Россия

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

ОАО «Томскгазпром», осуществляет разработку газоконденсатных, нефтегазоконденсатных, нефтяных месторождений в Каргасокском, и Парабельском районах Томской области. Организационное обеспечение Системы управления охраной труда, промышленной и пожарной безопасностью в ОАО «Томскгазпром» осуществляет Служба охраны труда, промышленной и пожарной безопасности. С учетом большой территориальной разбросанности эксплуатируемых объектов работа Службы требует больших трудозатрат по её выполнению, в связи, с чем актуальна необходимость автоматизации процессов охраны труда и пожарной безопасности (ОТиПБ) – организация разработки автоматизированной системы ОТиПБ.

Процесс разработки автоматизированной системы ОТиПБ производился в следующем порядке:

1. Инициирование проекта разработки автоматизированной системы (АС) путем подачи служебной записки на имя руководства Общества и принятие положительного решения Президентом ОАО «Востокгазпром» о разработке и внедрении автоматизированной системы ОТиПБ.

2. Разработка Концепции автоматизированной системы ОТиПБ, которая должна решать следующие задачи:

- Повышение прозрачности процессов по ОТ и ПБ;
- Сокращение трудозатрат на выполнение работ по ОТ и ПБ;
- Автоматизация планирования процессов по ОТ и ПБ;
- Снижение риска возникновения аварий, инцидентов, пожаров на производстве;
- Снижение риска получения штрафных санкций за нарушения законодательства по ОТ и ПБ;
- Контроль выполнения графиков планово-предупредительного ремонта оборудования;
- Сокращение времени на оформление нарядов-допусков на ведение работ повышенной опасности;
- Учет документов, связанных с ОТ и ПБ;
- Формирование отчетности о состоянии ОТ и ПБ для руководства Общества;
- Получение сводок по выполнению различного вида работ, внесенных в соответствующие графики автоматизированной системы.

Для решения этих задач при разработке Концепции были предусмотрены следующие функции АС:

- автоматизация создание графиков обучения, аттестации, проверки знаний персонала;
- импорт информации о сотрудниках Общества (ФИО, подразделение, должность) из ERP-системы;
- автоматизация планирования и проведения проверок соблюдения требований по ОТиПБ;
- контроль исполнения графиков планово-предупредительных ремонтов (ППР) производственными подразделениями;
- согласование работ повышенной опасности;
- учет документов;
- учет данных об аварийности, травматизме, инцидентах;
- обеспечение оповещения пользователей о запланированных событиях;
- управление доступом к системе.

3. На основе Концепции было разработано техническое задание на разработку программного обеспечения АС ОТиПБ, содержащее:

- Общие сведения об АС ОТиПБ.
- Назначение и цели развития системы.
- Требования к системе.
- Требования к функциям системы.
- Формирование отчетности о состоянии ОТиПБ для руководства Общества.
- Состав и содержание работ по созданию системы.
- Порядок приемки системы.

Для выполнения работ был произведен выбор разработчика автоматизированной системы ОТиПБ.

4. Разработка автоматизированной системы ОТиПБ была выполнена специалистами ООО «Сибирский центр высоких технологий» под контролем сотрудников Службы охраны труда, промышленной и пожарной безопасности. ОАО «Томскгазпром».

5. В 2014 году закончено внедрение автоматизированной системы ОТиПБ в производство.

Внедрение автоматизированной системы охраны труда, промышленной и пожарной безопасности способствует эффективному решению задач в данной области. Высокий уровень развития информационных технологий на предприятии позволяет обеспечить разработку, внедрение в эксплуатацию и надежное функционирование АС ОТиПБ. Автоматизируются основные функции управления: формирование, контроль выполнения и анализ предписаний специалистов по охране труда и промышленной безопасности на предприятии; учет мероприятий по охране труда и промышленной безопасности и контроль их выполнения; учёт результатов проверок; информационное взаимодействие интегрированных автоматизированных рабочих мест системы охраны труда и промышленной безопасности, а также их взаимодействие с другими производственными автоматизированными системами.

В результате внедрения АС ОТиПБ обеспечивается прозрачность процессов по ОТиПБ, возможность получения заинтересованными сотрудниками Общества полной и актуальной информацией об обучении и аттестации персонала, о выданных предписаниях, о действующих в Обществе нормативно-распорядительных документах в области ОТиПБ и т.д. Создается информационный банк Общества (инструкции, приказы, технологические регламенты подразделений, планы ликвидации возможных аварий и пр.).

Список литературы:

1. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности ПБ 08-624-03. Утв. Постановлением Госгортехнадзора России от 05.06.2003 N 56 Зарегистрированы Минюстом России (20.06.2003), регистрационный N 4812.
2. Охрана труда. Сборник нормативных документов. Составители С.П.Красноженов, В.С.Красноженова, Томск, 2009 г.

Разработка и внедрение системы менеджмента безопасности труда OHSAS 18001:2007 в Открытом Акционерном Обществе «Томскгазпром»

Несынов А.Н., Сивицкий П.И., Гусельников М.Э., Гуляев М.В.

ОАО «Томскгазпром», г. Томск, Россия

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В современном мире развитие технического прогресса приводит к резкому возрастанию негативного воздействия на безопасность человека и общества в целом. Поэтому промышленные предприятия стремятся повысить эффективность мер, направленных на обеспечение безопасности труда и охраны здоровья (БТиОЗ). Воздействия негативных факторов производственной деятельности зависят не только от уровня существующей технологии, но и от качества существующих систем менеджмента в области охраны труда и промышленной безопасности. Поэтому Цель данной работы – разработка и внедрение системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья в Открытом Акционерном Обществе «Томскгазпром» является актуальной.

Наиболее известные рекомендации к системам менеджмента, основанным на управлении профессиональными рисками, содержатся в Стандарте OHSAS 18001:2007 и идентичном ему ГОСТ Р 54934 – 2012 «Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья – требования».

Эти стандарты основаны на методологии, которую можно кратко описать следующим образом:

- планирование – установление целей и разработка процессов, необходимых для достижения результатов в соответствии с политикой организации в области БТиОЗ;
- осуществление – внедрение процессов;
- проверка – проведение мониторинга и измерения процессов для оценки их соответствия политике в области БТиОЗ, целям, правовым и другим требованиям;
- действие – принятие и реализация решений по постоянному улучшению показателей деятельности в области БТиОЗ.

Для успешного внедрения и функционирования системы менеджмента БТиОЗ были проведены следующие мероприятия:

1. Разработка Руководства по эксплуатации, содержащего общие требования к системе, порядок планирования основных мероприятий, порядок организации проверок и анализа системы.

2. Разработка политики в области охраны труда и промышленной безопасности – выраженные руководством основные намерения и обязательства относительно своей результативности в области охраны труда и промышленной безопасности. Основными целями в области охраны труда и промышленной безопасности являются создание безопасных условий труда, сохранение жизни и здоровья работников и обеспечение надежности работы опасных производственных объектов. Цели достигаются путем предупреждения несчастных случаев, профессиональных заболеваний, аварий и инцидентов на основе идентификации опасностей; оценки и управления производственными рисками; проведения консультаций с работниками и вовлечения их в систему управления ОТиПБ.

3. Анализ действующих процессов, видов деятельности для идентификации опасностей, оценки рисков установления необходимых мер управления рисками. Опасности и связанные с ними риски оцениваются по следующим критериям: А – уровень опасности; В – частота возникновения; С – степень тяжести последствий; D – юридический вопрос; Е – эффективность контроля; F – время обнаружения; G – количество сотрудников, подверженных риску. Выявление опасностей и оценка рисков в области ОТиПБ основано на последовательном методе определения значимости.

Каждый критерий оценивается баллами от 1 до 5 (1 – низкий уровень, 5 – высокий уровень). Окончательный уровень риска определяется произведением уровней всех критериев ($A*B*C*D*E*F*G$).

Риск с окончательной оценкой от 0 до 100 – незначительный, от 100 до 200 – значительный (считаем этот уровень приемлемым), от 200 до 300 чрезвычайно значительный (неприемлемый).

Результатом работы по идентификации опасностей и оценки рисков является реестр опасностей и рисков в области ОТиПБ.

В реестре опасностей и рисков содержится информация об источниках опасности, опасных событиях и связанных с ними рисками, указаны характеристики рисков, определен их масштаб, а также действующие меры управления выявленными рисками.

В результате идентифицировано 32 опасности и 56 рисков (из них 7 значительных).

4. На основании результатов оценки опасных факторов и рисков разработаны цели и задачи в области ОТиПБ

- обеспечить своевременное проведение диагностики оборудования, для достижения которой необходимо организовать проведение технического диагностирования и экспертизы промышленной безопасности 62 сосудов, работающих под давлением.

- повысить уровень знаний специалистов по вопросам ОТиПБ, для достижения которой необходимо организовать предаттестационную подготовку и аттестацию 121 специалиста по вопросам охраны труда и промышленной безопасности, организовать обучение 71 специалиста по программе обучения руководителей нештатных и штатных аварийно-спасательных формирований.

Для достижения определенных целей и задач разработаны конкретные мероприятия, преобразованные в программу управления ОТиПБ.

5. Для оценки результативности функционирования системы и ее совершенствования СТАНДАРТУ запланирован и проводится внутренний аудит системы.

Внутренние аудиты проводятся в соответствии с разработанным графиком, по плану аудита, который разрабатывается для каждого объекта аудита.

Аудиту предшествует общее собрание, на котором присутствуют аудиторы и работники подразделения, где проводится аудит. Аудит состоит из трех основных этапов: проверка документации, идентификация опасностей и рисков на рабочих местах, опрос персонала и анализ поведенческих реакций.

В результате проведенных внутренних аудитов были выявлены несоответствия, в основном связанные с информированием и обучением персонала. Это связано с непродолжительным временем функционирования системы.

В сентябре 2014 года специалистами компании «TUV Austria» проведен первый аудит системы управления охраной труда и промышленной безопасностью ОАО «Томскгазпром». В результате проведенного аудита подтверждено соответствие системы управления ОТиПБ требованиям стандарта.

Список литературы:

1. Международный стандарт OHSAS 18002:2008 Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Руководящие указания по OHSAS 18001:2007.
2. ГОСТ Р ИСО 19011-2012 Руководящие указания по аудиту систем менеджмента (ISO 19011:2011).
3. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 26 декабря 2012 г. N 781 «Об утверждении рекомендаций по разработке планов локализации и ликвидации аварий на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах».

Технология биологической очистки хозяйственно бытовых стоков в ЛОС объектов индивидуальной жилой застройки

Башарова А.Ю., Вторушина А.Н.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В условиях повсеместного загрязнения окружающей среды, в том числе ухудшения качества природных вод, одной из актуальнейших проблем выживания человечества становится проблема обеспечения людей питьевой водой высокого качества. Одним из современных способов очистки хозяйственно-бытовых сточных вод является биологическая очистка. Наиболее часто этот метод очистки реализуется в проточных очистных сооружениях. Однако данная схема очистки не приемлема для объектов индивидуальной жилой застройки, где также существует необходимость

проведения очистки бытовых сточных вод. В связи с вышесказанным можно говорить, что разработка локально очистного сооружения (ЛОС) биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод объектов индивидуальной жилой застройки является весьма актуальной задачей.

Биологический (или биохимический) метод очистки сточных вод применяется для очистки производственных и бытовых сточных вод от органических и неорганических загрязнителей. Данный процесс основан на способности некоторых микроорганизмов использовать, загрязняющие сточные воды, вещества для питания в процессе своей жизнедеятельности.

Основной процесс, протекающий при биологической очистке сточных вод, - это биологическое окисление. Данный процесс осуществляется сообществом микроорганизмов «биоценозом», состоящим из множества различных бактерий, простейших водорослей, грибов и др., связанных между собой в единый комплекс сложными взаимоотношениями «метабиоза, симбиоза и антагонизма». Главенствующая роль в этом сообществе принадлежит бактериям.

Метод биологической очистки сточных вод может быть реализован в аэробных и в анаэробных условиях. В данном исследовании рассматривается аэробный процесс биологической очистки.

Целью данной работы было определение оптимальных параметров функционирования активного ила данного видового состава. Основываясь на значениях выявленных параметров, предложить схему непроточного очистного сооружения.

Как и любая живая система, биоценоз активного ила имеет определенные условия функционирования. Степень очистки сточных вод зависит от значений абиотических факторов окружения активного ила. Немаловажными факторами, отрицательно влияющими на формирование активного ила, являются несбалансированность в соотношении биогенных элементов в сточных водах, колебание показателя рН среды, влияние света, температуры, аэрации, изменение концентрации поверхностно активных веществ (ПАВ), уровня солености и т.д.

Например, при значительном превышении ПДК по азоту и фосфору «в 4, 6, 8 раз» резко снижается общая численность микроорганизмов, уменьшается видовое разнообразие, некоторые особенно чувствительные виды элиминируются из состава активного ила. Т.е. количественное соотношение биогенных элементов определяет общее количество организмов функционирующего биоценоза [1].

Наиболее оптимальным значением рН среды для развития активного ила следует считать интервал рН 7-8, что согласуется с литературными данными для проточных систем. При значениях рН 1-5 организмы активного ила погибают. Следует отметить, что изменение рН среды в сторону увеличения щелочности организмы активного ила переносят более стойко, чем увеличение кислотности [1].

Уровень освещенности также является одним из значимых факторов при биологической очистке. На изменение в уровне освещенности, в первую очередь, реагируют представители протозоофауны. Полная гибель или инцистирование при отсутствии света могут привести к выпадению их как экологической ниши в пищевой пирамиде биоценоза активного ила, что, как следствие, может стать причиной нарушения нормальной работы очистного сооружения [1]. Проведенные исследования показали, что на видовой состав данного биоценоза активного ила уровень освещенности существенно не влияет.

Аэробная очистка может осуществляться в интервале температур от 10 до 35°C, но оптимальная производительность достигается в интервале 18-32°C [2-4]. Подача воздуха в очистное сооружение должна обеспечивать потребность в растворенном кислороде порядка 2 мг/л, необходимом для достижения соответствующего БПК₅ и для дыхания клеточной массы, а также для перемешивания и удержания активных илов в виде суспензии. В результате проведенных исследований было показано, что в замкнутой системе очистного сооружения при осуществлении аэрации, оптимальным является диапазон температур 15–20 °С (табл.1.).

Таблица 1.

T, C	5	10	15	20	25	30
Кол-во живых микроорганизмов/мл	1×10 ⁷	2×10 ⁷	5×10 ⁷	9×10 ⁷	5×10 ⁷	3×10 ⁷

В ходе работы было показано, что при концентрации ПАВ в сточной воде до 1.0 г/л не наблюдается существенного изменения видового состава активного ила. Уровень солености не более 1% не оказывает влияния на функционирование активного ила.

Таким образом, изучение влияния абиотических факторов на биоценоз активного ила показывает его большую инерционную емкость, способную «гасить» кратковременные

токсические воздействия. В таблице 2 представлены оптимальные параметры функционирования биоценоза активного ила рассматриваемого состава в непроточной системе.

Таблица 2.

рН	$C_{\text{ПАВ}}$, мг/мл	CO_2 , мг/л	Температура, °С	Соленость (по NaCl), %
7–8	< 1.0	4	15–20	0–1

Обобщая вышесказанное, использование активного ила в процессе очистки сточных вод накладывает определенные требования к конструкции ЛОС для объектов индивидуальной жилой застройки.

В данной работе предложено использование трехкамерного аэротенка в качестве непроточной системы очистных сооружений. Конструкция аэротенка предусматривает поступление очищенной воды из последней камеры в камеру для приема сточных вод, при этом осуществляется разбавление стоков в 20-кратном размере. Предлагаемая конструкция ЛОС позволяет нивелировать (сгладить) такие факторы как климатические условия региона, где размещен объект жилой застройки, а также залповые сбросы сточной вод и температурный режим функционирования биологической системы.

Эксплуатация очистного сооружения не ограничена специфическими условиями и позволяет владельцам домохозяйств использовать систему канализации в обычном режиме, включая применение ПАВ и других активных веществ в объемах и концентрациях, характерных для условия видения домашнего хозяйства, так как:

- в очистном сооружении предусмотрено разбавление стоков в 20-кратном размере. Таким образом, можно говорить, что в данной схеме очистки сточных вод ПАВ не могут оказать существенного влияния на видовой состав активного ила, и очистное сооружение устойчиво к залповым сбросам;
- конструкция очистного сооружения предусматривает разбавление исходных стоков, что позволяет переработать сточные воды с уровнем солености более 1%, не оказывая существенного влияния на видовой состав активного ила;
- температурный режим исходных стоков также адаптирован к реальной температуре сточных вод от индивидуального жилого дома, так как даже в случае попадания холодной или горячей воды в очистное сооружение, после разбавления температура воды будет соответствовать оптимальным и не повлияет на работу активного ила.

В результате функционирования этого типа очистных сооружений производятся отходы, которые могут быть использованы в качестве источника биогенных компонентов на приусадебном участке. В настоящее время существует достаточно большое количество методов утилизации отработанного активного ила, что делает биологическую очистку воды эффективным и рациональным методом.

Также одним из преимуществ предлагаемого ЛОС является достаточно низкая себестоимость вместе с монтажом, включая дренажную систему для сброса очищенных сточных вод в грунт.

Таким образом, в ходе исследования были определены оптимальные параметры (рН среды, температура, концентрация ПАВ, уровень солености и т.д.) функционирования биоценоза активного ила рассматриваемого состава в непроточной системе.

Предложена конструкция локального очистного сооружения для биологической очистки стоков индивидуальных жилых объектов, которая позволяет добиться необходимой мощности и степени очистки сточных вод. Данная разработка является наименее дорогой по сравнению с аналогами, существующими на российском рынке.

Список литературы:

1. Наливайко Н.Г. Микробиология воды – М.: Издательство ТПУ, 2011. – 139 с.
2. Водоочистка. Очистка сточных вод нефтепереработки / Берне Ф., Кордонье Ж.:Пер. с франц.; Под ред. Хабаровой Е.И., Роздина И.А. — М.: Химия, 1997.—288с.
3. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков / Кривошеин Д.А., Кукин П.П., Лапин В.Л. и др. — М.: Высшая школа, 2003.—344с.
4. A.F. Sokolsky, O.V. Tyumentsev, The influence of abiotic factors on the biocenosis of active sludge treatment facility, J. The scientific potential of the regions on the service modernization. 2 (2013) 121–125.

Секция 6

Медико-биологические аспекты
техногенного влияния энергетики

УДК 616.24-002-073.75-039.5:616.23/.24-002.2

**Дополнительные возможности оптимизации диагностики внебольничной пневмонии,
протекающей на фоне ХОБЛ***Агеева Т.С., Мишустина Е.Л., Дубоделова А.В.,
Кривоногов Н.Г.*, Мишустин С.П.****ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства
здравоохранения Российской Федерации, г. Томск, Россия***ФГБУ «Научно-исследовательский институт кардиологии» СО РАМН,
г. Томск, Россия****ОГБУЗ «Томский фтизиопульмонологический медицинский центр»,
г. Томск, Россия*

У 20 пациентов с ХОБЛ I-II стадии и 10 пациентов с внебольничной пневмонией (ВП), протекающей на фоне ХОБЛ, изучены интегральные и регионарные значения основных скинтиграфических показателей и их значение для диагностики внебольничной пневмонии, протекающей на фоне ХОБЛ. При ВП на фоне ХОБЛ было обнаружено повышение интегральных и регионарных значений альвеолярно-капиллярной проницаемости по сравнению с больными ХОБЛ. Выявленные изменения могут быть использованы в качестве дополнительных критериев в диагностике ВП, протекающей на фоне ХОБЛ.

В течение последних лет заболеваемость населения России болезнями органов дыхания (БОД) неуклонно возрастает и остается стабильно высокой [1,2]. Так, распространенность БОД в 2002 г. в целом составила 35 374,3 случаев на 100 000 населения, при этом «опережая» болезни сердечно-сосудистой системы, травмы и отравления, болезни пищеварительной системы в 2-4 раза. В структуре заболеваемости БОД (за исключением острых респираторных инфекций) ведущее место занимают пневмонии (более 60%) [1,3]. По расчетным данным в нашей стране ежегодно более 1,5 млн. лиц в возрасте >18 лет переносят внебольничную пневмонию (ВП), что выдвигает вопросы диагностики, лечения и профилактики этого заболевания в число наиболее остро стоящих проблем отечественного здравоохранения [3,4]. По отечественным секционными данным пневмония является непосредственной причиной смерти в 25-38% наблюдений. К сожалению, ее прижизненное распознавание далеко не совершенно: по данным различных авторов частота расхождений диагнозов в стационарах общего профиля колеблется от 25 до 54,8% [1,4]. Как заболевание пневмония давно вышла за рамки нерешенных вопросов современной пульмонологии и в настоящее время рассматривается как актуальная медико-социальная и экономическая проблема. Смертность среди пожилых пациентов от пневмонии в 10 раз выше, чем в других возрастных группах, и составляет, в среднем, 5%, в то же время у пациентов, нуждающихся в госпитализации, достигает до 21,9%, а среди них у пожилых – до 46% [1,4]. На 6 месте среди ведущих причин смерти в мире находится хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) [5,6]. В стандартах Европейского респираторного общества подчеркивается, что ХОБЛ диагностируется своевременно лишь в 25% случаев [5]. Негативное влияние на течение ХОБЛ оказывают инфекционные заболевания нижнего отдела респираторной системы. Среди многообразных форм инфекционного процесса, локализующегося в дыхательных путях, наиболее распространены пневмонии. Развитие внебольничной пневмонии при ХОБЛ значительно ухудшает прогноз – пневмония и ХОБЛ оказывают взаимное негативное влияние [1,3,6]. Поэтому своевременное распознавание ВП, возникающей на фоне ХОБЛ, имеет актуальное значение. Одним из возможных направлений оптимизации этого процесса может быть использование методов радионуклидной диагностики [7,8].

Цель работы: изучить возможности радионуклидных методов исследования для диагностики внебольничной пневмонии, протекающей на фоне ХОБЛ.

Материал и методы

Вид исследования: проспективное, когортное. Были обследованы 20 пациентов с верифицированным диагнозом ХОБЛ I-II стадии и 10 пациентов с верифицированным диагнозом

ВП. Всем обследованным была проведена вентиляционно-перфузионная пульмоносцинтиграфия. Первоначально проводили вентиляционную сцинтиграфию легких, затем – перфузионную. В качестве радиофармпрепарата (РФП) для перфузионной пульмоносцинтиграфии использовали макроагрегат альбумина человеческой сыворотки крови, меченный ^{99m}Tc -Технецием – ^{99m}Tc -Макротех («Диамед», Россия). Вентиляционную пульмоносцинтиграфию проводили непосредственно после ингаляции РФП, приготовленного на основе диэтилентриаминпентаацетата, меченного ^{99m}Tc -Технецием – ^{99m}Tc -Пентатех («Диамед», Россия). Регистрацию сцинтиграфических изображений проводили в статическом режиме в задне-прямой проекции (POST) на первой минуте после ингаляции РФП, затем – в передне-прямой (ANT) и боковых проекциях (LL 90^0 , RL 90^0), после чего через 10 и 30 мин после ингаляции РФП пациенту повторно проводили статическую сцинтиграфию легких лишь в задне-прямой проекции. Время экспозиции на каждую проекцию составило 2 мин. После получения сцинтиграфических изображений рассчитывали процент аккумуляции препарата каждым легким в отдельности и определяли интегральные и регионарные величины вентиляционно-перфузионного соотношения (V/Q), альвеолярно-капиллярной проницаемости (АКП) по разработанной нами методике [7,8]. Сцинтиграфические исследования выполнены на гамма-камере «Омега-500» («Technicare») США-Германия). Регистрацию изображений проводили в матрицу 128×128 специализированного компьютера. Все проводимые исследования были одобрены этическими комитетами ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России и ФГБУ «НИИ кардиологии» СО РАМН. Обработку полученных сцинтиграмм осуществляли при помощи пакета прикладных программ «SCINTI» (НПО «ГЕЛМОС», Россия). Полученные данные подвергались статистической обработке при помощи пакета программ STATISTICA 6 for Windows. Проверку на нормальность распределения признака определяли с помощью W-теста Шапиро-Уилка. Анализ включал расчет квартилей (Me, Q_1 - Q_2) для ненормально и несимметрично распределенных параметров. Поскольку закон распределения большинства исследуемых числовых показателей отличался от нормального, достоверность различия признаков в независимых совокупностях данных определялась при помощи U-критерия Манна-Уитни. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в исследовании задавался величиной 0,05.

Результаты и обсуждение

Анализ результатов радионуклидных исследований легких у больных ВП+ХОБЛ и ХОБЛ показал, что у больных обеих групп значения V/Q в пораженном и интактном легких не различались ($p=0,930$; $p=0,939$), $U/L-Q$ изменялся в сторону снижения только в интактном легком у больных ВП+ХОБЛ ($p<0,017$), а значения $U/L-v$ не отличались от аналогичных значений в обеих группах ($p=0,064$; $p=0,057$). В тоже время достоверные различия были обнаружены при сопоставлении интегральных значений АКП: на 10-й и на 30-й мин исследования и в пораженном (21,79%; 34,45%) и в интактном легких (16,14%; 27,53%) при ВП+ХОБЛ было обнаружено повышение значений АКП для радиофармпрепарата. Причем в пораженном легком эти значения в 2 и 1,6 раза достоверно превышали аналогичные значения у больных ХОБЛ. Изменения регионарных значений АКП у больных ВП+ХОБЛ (31,54%; 18,91%; 19,44%) и ХОБЛ (13,35%; 12,42%; 16,70%) заключались в достоверном увеличении значений АКП для радиоаэрозоля на 10-й мин во всех зонах пораженного легкого у больных ВП+ХОБЛ (в большей степени – в пораженной зоне); а на 30-й мин исследования во всех зонах пораженного и интактного легких, при значительном превалировании величин АКП в пораженном легком у больных ВП+ХОБЛ (51,58%; 41,44%; 29,90%) по сравнению с больными ХОБЛ (25,00%; 20,43%; 22,46%). Сравнение интегральных значений V/Q, и $U/L-v$, $U/L-Q$ и АКП пораженного (0,96; 0,88; 0,73; 21,79; 34,45) и интактного (0,95; 0,74; 0,58; 16,74; 27,53) легких у больных ВП+ХОБЛ выявило достоверные изменения как $U/L-Q$ и $U/L-v$ – превышение их значений в пораженном легком, так и повышение АКП на 10-й и 30-й мин исследования в пораженном легком. Также было обнаружено достоверное увеличение регионарных значений АКП на 10-й (31,54%; 18,91%; 19,44%) и 30-й мин (51,58%; 43,48%; 41,44%) исследования во всех зонах пораженного легкого по сравнению с интактным, при этом более выраженные различия были обнаружены в пораженной верхней зоне, где значения АКП на 10-й мин (31,54%) превышали аналогичные (9,08%) в контралатеральной зоне в 3,5 раза, а на 30-й мин исследования – в 1,8 раза (51,58%; 27,90%).

Выводы

Таким образом, у больных внебольничной пневмонией, протекающей на фоне ХОБЛ, отмечается повышение интегральных и регионарных значений альвеолярно-капиллярной проницаемости по сравнению с больными ХОБЛ. Выявленные изменения могут быть использованы в качестве дополнительных критериев в диагностике внебольничной пневмонией,

протекающей на фоне ХОБЛ.

Список литературы:

1. Пульмонология. Национальное руководство /под ред. акад. РАМН А.Г. Чучалина. – М. : ГОЭТАР-Медиа, 2013.– 800 с.
2. Авдеев С.Н. Обострение хронической обструктивной болезни легких: современные подходы к диагностике и лечению (обзор) // Терапевтический архив. 2004. № 11. С. 43-50.
3. Баймаканова Г.Е., Зубаирова П.А., Авдеев С.Н., Чучалин А.Г. Особенности клинической картины и течения внебольничной пневмонии у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких // Пульмонология. 2009. № 2. С 65-71.
4. Глобальная стратегия диагностики, лечения и профилактики хронической обструктивной болезни легких: пересмотр 2006 года: пер. с англ. / Всемирная организация здравоохранения (Женева), Национальный институт сердца, легких и крови. М.: Атмосфера, 2007. – 96 с.
5. Чучалин А.Г., Авдеев С.Н., Айсанов З.Р. и др. Российское респираторное общество. Федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению хронической обструктивной болезни легких // Пульмонология. 2014. № 3. С.15-54.
6. Дворецкий Л. И. Пневмонии у больных пожилого и старческого возраста. М. РМЖ. 1998, т. 6. №21. С. 1364-1372.23
7. Национальное руководство по радионуклидной диагностике / под ред. Ю.Б. Лишманова, В.И. Чернова. – в 2-х т. – Томск : STT, 2010. Т. 2. – 418 с.
8. Лишманов Ю.Б., Кривоногов Н.Г., Агеева Т.С. и др. Сцинтиграфическая характеристика нарушений легочной вентиляции и перфузии у пациентов внебольничными пневмониями // Сибирский медицинский журнал. 2008. № 1 (2). С. 11-15.

Роль гиперлептинемии в патогенезе системного воспаления при метаболическом синдроме

*Беспалова И.Д., Рязанцева Н.В. *, Калюжин В.В., Медянцеv Ю.А. **,
Мурашев Б.Ю., Осихов И.А.*

Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск, Россия

**Красноярский государственный медицинский университет им. профессора В.Ф. Войно-
Ясенецкого, г. Красноярск, Россия*

***МУЗ «Томская центральная районная больница», г. Томск, Россия*

Среди причин высокой распространенности сердечно-сосудистых заболеваний в мире особое место занимает эпидемия метаболического синдрома (МС) – симптомокомплекса, объединившего в себе модифицируемые факторы риска развития и тяжелого течения ряда социально значимых заболеваний, способствующих также катастрофическому снижению качества жизни трудоспособного населения [1-8]. В качестве основного компонента МС большинством исследователей признается абдоминальное ожирение, в настоящее время подтверждена его значительная роль в патогенезе не только МС, но и заболеваний с ним ассоциированных [1-9].

Одним из наиболее обсуждаемых в последние годы процессов, объединяющих висцеральное ожирение и инсулинорезистентность, является хроническое субклиническое воспаление. Воспаление решающим образом сказывается на метаболической и секреторной функции жировой ткани и играет ведущую роль в развитии сопровождающих ожирение патологических процессов [2, 5, 9, 10]. По современным представлениям в белой жировой ткани синтезируется большое количество биологически активных веществ, адипокинов, которые попадая в кровь, реализуют свое системное действие [11]. Наиболее изученным специфическим для жировой ткани адипокином, является лептин – гормон, основной эффект которого направлен на подавление аппетита и расход энергии в организме. Известно, что МС и ожирение сопровождаются гиперлептинемией и лептинорезистентностью, при этом доказано участие гиперлептинемии в механизмах инсулинорезистентности и артериальной гипертензии у тучных людей [11, 12]. Лептин способен вызывать множество потенциально атерогенных эффектов: индукцию эндотелиальной дисфункции, нарушение агрегации тромбоцитов, миграции, гипертрофии и пролиферации клеток сосудистых гладких мышц и другие [13].

Однако в клинической практике исследование в сыворотке крови концентрации лептина широко не используется, и лечение пациентов с МС проводят сегодня без учета этого показателя, что отчасти можно объяснить отсутствием убедительных клинических данных о взаимосвязи гиперлептинемии с факторами воспаления.

Цель исследования: установить взаимосвязь уровня лептина в сыворотке крови с маркерами системного воспаления и спонтанной продукцией провоспалительных цитокинов мононуклеарными лейкоцитами крови при метаболическом синдроме.

Материал и методы

В амбулаторных условиях проведено одномоментное исследование 50 пациентов с ГБ II стадии (АД < 180/110 мм рт. ст.) [14] в сочетании с метаболическим синдромом, диагностированными согласно рекомендациям Всероссийского научного общества кардиологов [6]. Средний возраст пациентов составил 54,32±8,54 года. Абсолютное большинство пациентов представлено женщинами – 38 (76%). Все принявшие участие в исследовании пациенты подписали информированное согласие. Протокол исследования был одобрен этическим комитетом ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет» (регистрационный № 1707).

Для оценки степени ожирения и характера распределения жира проведены измерения антропометрических параметров: массы тела (кг), роста (см), окружности талии (ОТ, см), окружности бедер (ОБ, см), а также определяли индекс массы тела (ИМТ) (кг/м²) и индекс ОТ/БО.

В стандартных условиях измерялось артериальное давление (АД, мм рт. ст.). На автоматическом биохимическом анализаторе АВХ Pentra 400 (Франция) в сыворотке крови, взятой утром натощак, определяли концентрацию глюкозы, общего холестерина (ОХС), триацилглицеролов (ТАГ), липопротеинов низкой и высокой плотности (ЛПНП и ЛПВП), мочевой кислоты (МК), С-реактивного белка (СРБ). Концентрацию фибриногена в крови устанавливали хронометрическим методом по Clauss на коагулометре (ООО «ТЕХНОЛОГИЯ-СТАНДАРТ», Барнаул). Концентрацию лептина в сыворотке крови определяли с помощью иммуноферментного анализа с использованием сэндвич-метода (ELISA) с набором производства «Diagnostics Biochem Canada Inc. Leptin ELISA» (Канада), инсулина с набором производства «Monobind Inc. Insulin Test System» (США) и неоптерина с набором производства «IBL International GmbH. Neopterin ELISA» (Германия) согласно рекомендациям производителей тест-систем. Для диагностики инсулинорезистентности (ИР) использована малая модель гомеостаза (Homeostasis Model Assesment – НОМА). Значения индекса НОМА-IR более 2,77 соответствует ИР.

Мононуклеарные лейкоциты выделяли в стерильных условиях из плазмы крови методом градиентного центрифугирования с использованием Ficoll-Paque («Pharmacia», Швеция) ($\rho=1,077$ г/см³). Затем культивировали в полной культуральной среде (90% RPMI-1640 («Вектор-Бест», Новосибирск), 10% инактивированной эмбриональной телячьей сыворотки («Биолот», Санкт-Петербург), 0,3 мг/мл L-глутамин) при температуре 37⁰С и 5% CO₂ в течение суток [15]. Концентрацию цитокинов IL-1 β , IL-2, IL-4, IL-6, IL-8, IL-10, TNF α , INF γ и MCP1 определяли в супернатантах культур мононуклеарных лейкоцитов методом ELISA с использованием реагентов фирмы «Вектор-Бест» в соответствии с инструкциями производителя.

Статистическая обработка полученных данных проводилась с применением пакета программ STATISTICA 10.0 (StatSoft, Inc., USA). Качественные признаки представлены в виде n (число больных с данным признаком), количественные данные - в виде среднего (M) и стандартного отклонения (SD), а при отсутствии нормального распределения переменных - в виде медианы (Me), 25-го и 75-го перцентилей (LQ; UQ). Проверка нормальности распределения производилась методом Шапиро-Уилка. При сравнении двух групп использовали непараметрический тест Манна-Уитни (U). Статистически значимыми считали различия при p<0,05. Силу связи между изучаемыми количественными показателями и ее направленность выражали через коэффициент ранговой корреляции Спирмена (r).

Результаты и обсуждение

Все пациенты в зависимости от уровня лептинемии были разделены на две группы: 1-ю группу составили пациенты с нормативным уровнем концентрации лептина в сыворотке крови (для женщин $\leq 27,6$ нг/мл и для мужчин $\leq 13,8$ нг/мл), 2-ю группу составили пациенты с гиперлептинемией ($>27,6$ нг/мл и $> 13,8$ нг/мл соответственно) [16]. Пациенты обеих групп существенно не различались по возрасту, длительности артериальной гипертензии (АГ) и по проводимому лечению.

В таблице 1 приведен сравнительный анализ изучаемых клинико-лабораторных показателей в выделенных группах. При этом обнаружены статистически значимые различия по ряду показателей – маркеров МС (степени абдоминального ожирения, уровню систолического артериального давления (САД), концентрации инсулина и индексу НОМА-IR, характеризующему степень инсулинорезистентности и концентрации СРБ).

Таблица 1. Сравнительный анализ клинико-лабораторных показателей в группах пациентов с разным уровнем концентрации лептина в сыворотке крови Me (LQ; UQ)

Показатели	Группа 1 (n=12)	Группа 2 (n=38)	p
Масса тела, кг	72,68 (69,05; 81,5)	94,07 (80; 106)	0,0007
ИМТ, кг/м ²	28,54 (26,25; 30,69)	34,18 (30,8; 38,4)	0,0003
ОТ, см	91,92 (85,5; 97,5)	106,18 (96; 113)	0,0024
ОБ, см	102,83 (100; 109,5)	116,73 (110; 121)	0,0017
ОТ/ОБ	0,89 (0,87; 0,92)	0,92 (0,85; 0,98)	0,1557
САД, мм рт. ст.	131 (120; 140)	144 (130; 150)	0,0368
ДАД, мм рт. ст.	78 (70; 80)	86,06 (80; 90)	0,0737
Глюкоза, ммоль/л	5,17 (4,7; 5,37)	6,2 (5,1; 6,3)	0,0832
ОХС, ммоль/л	5,46 (4,09; 6,46)	5,76 (5,15; 6,2)	0,2608
ТАГ, ммоль/л	1,64 (0,88; 1,78)	1,91 (1,10; 2,19)	0,1118
ЛПНП, ммоль/л	3,67 (2,4; 4,52)	4,1 (3,2; 4,89)	0,3943
ЛПВП, ммоль/л	1,3 (1,09; 1,58)	1,4 (1,18; 1,61)	0,6333
МК, ммоль/л	258,17 (218,5; 312,5)	282,98 (212; 330)	0,6496
Фибриноген, г/л	3,82 (3,21; 4,5)	3,62 (3,0; 4,35)	0,8451
Неоптерин, нмоль/л	6,4 (3,79; 6,96)	6,4 (3,64; 8,15)	0,8826
СРБ, мг/л	4,27 (0,08; 6,19)	6,2 (0,91; 8,67)	0,0301
Инсулин, мкМЕД/мл	10,9 (7,34; 13,49)	19,05 (11,23; 23,23)	0,0038
НОМА-IR	2,5 (1,59; 3,29)	5,24 (2,54; 6,5)	0,0019

Примечание: p – статистическая значимость межгрупповых различий. Группа 1 – пациенты без гиперлептинемии, группа 2 – пациенты с гиперлептинемией. ИМТ – индекс массы тела, ОТ – окружность талии, ОБ – окружность бедер, ООЖТ – общий объем жировой ткани, ОВЖТ – объем висцеральной жировой ткани, САД – систолическое артериальное давление, ДАД – диастолическое артериальное давление, ОХС – общий холестерол, ТАГ – триацилглицеролы, ЛПНП – липопротеины низкой плотности, ЛПВП – липопротеины высокой плотности, МК – мочевая кислота, СРБ – С-реактивный белок.

Корреляционный анализ позволил установить положительные взаимосвязи концентрации лептина не только с основными клинико-лабораторными симптомами МС, но и со всеми изучаемыми нами маркерами системного воспаления (табл. 2).

Таблица 2. Статистически значимые корреляционные взаимосвязи (r) между концентрацией лептина в сыворотке крови и клинико-лабораторными показателями МС, а также маркерами системного воспаления у больных ГБ

Корреляционная взаимосвязь	r	p
Лептин – возраст	0,422	<0,05
Лептин – масса тела	0,587	<0,05
Лептин – ИМТ	0,682	<0,05
Лептин – ОТ	0,589	<0,05
Лептин – ОБ	0,660	<0,05
Лептин – ОТ/ОБ	0,319	<0,05
Лептин – САД	0,552	<0,05
Лептин – ТАГ	0,405	<0,05
Лептин – ЛПНП	0,345	<0,05
Лептин – инсулин	0,403	<0,05
Лептин – НОМА-IR	0,398	<0,05
Лептин – СРБ	0,540	<0,05
Лептин – фибриноген	0,328	<0,05
Лептин – неоптерин	0,382	<0,05

Примечание: ИМТ – индекс массы тела, ОТ – окружность талии, ОБ – окружность бедер, САД – систолическое артериальное давление, ТАГ – триацилглицеролы, ЛПНП – липопротеины низкой плотности, СРБ – С-реактивный белок.

Для того чтобы оценить функциональную активность мононуклеарных лейкоцитов определяли уровень спонтанной продукции про- и противовоспалительных цитокинов у пациентов с МС с разным уровнем лептина в сыворотке крови (табл. 3).

Таблица 3. Сравнительный анализ содержания цитокинов в супернатантах мононуклеарных лейкоцитов в группах пациентов с МС с разным уровнем концентрации лептина в сыворотке крови (LQ; UQ)

Показатели	Группа 1 (n=12)	Группа 2 (n=38)	p
IL-1 β (пг/мл)	60,56 (18,6;146,6)	129,8 (102,81;186,05)	0,00761
IL-2 (пг/мл)	0 (0;0,53)	0,6 (0;1,73)	0,15538
IL-4 (пг/мл)	1,41 (0,37;2,45)	1,3 (0,59;1,93)	0,87135
IL-6 (пг/мл)	110,5 (34,33;340,5)	357 (338;375,4)	0,00431
IL-8 (пг/мл)	229,5 (211,9;250,2)	259,6 (235,7;283,9)	0,04912
IL-10 (пг/мл)	31,83 (20,67;40,67)	34,33 (11,35;121,1)	0,67111
IFN- γ (пг/мл)	10,4 (5,07;13,33)	12,14 (7,47;14,93)	0,27515
TNF- α (пг/мл)	25,07 (3,86;42,2)	73,09 (39,26;133)	0,00882
MCP-1 (пг/мл)	464,8 (248;1754)	2044 (989,5;2231)	0,02918

Обнаружено статистически значимое преобладание концентрации целого ряда провоспалительных цитокинов (IL-1 β , IL-6, IL-8, TNF- α , MCP-1) в супернатантах мононуклеарных лейкоцитов в группе пациентов с гиперлептинемией, что согласуется с точкой зрения о способности лептина стимулировать клеточный иммунитет и влиять на продукцию провоспалительных цитокинов [11]. Эта точка зрения подтверждается и корреляционным анализом, который позволил установить положительную взаимосвязь уровня лептина в сыворотке крови с концентрацией TNF- α ($r=0,415$, $p<0,05$) и MCP-1 ($r=0,325$, $p<0,05$) в супернатантах мононуклеарных лейкоцитов.

Патогенез воспаления при абдоминальном ожирении и МС сложен, и в его формировании значительное участие принимает жировая ткань, синтезирующая большое количество адипокинов, среди которых заслуженное внимание уделяется лептину. Известно, что лептин стимулирует активацию симпатoadренальной системы, которая лежит в основе инсулинорезистентности и АГ [11, 16], что согласуется с нашими данными о взаимосвязи гиперлептинемии с САД и инсулинорезистентностью (табл. 2). Состояние инсулинорезистентности способствует снижению концентрации лептиновых рецепторов и повышению уровня лептина в крови. В таких условиях развивается трансформация эффектов лептина: он приобретает свойства активировать воспаление, стимулировать кальцификацию сосудов, инициировать окислительный стресс, повышать тонус симпатической нервной системы, изменять цитокиновую регуляцию, что играет важную роль в патогенезе воспалительных поражений [17]. Структурные особенности лептина позволяют отнести его к семейству провоспалительных цитокинов – белков, поддерживающих воспаление. На гуморальном уровне лептин стимулирует продукцию ряда провоспалительных цитокинов, которые способствуют синтезу в печени белков острой фазы. Эти иммунологические нарушения, обусловленные повышенным уровнем лептина и некоторых других цитокинов в крови, позволяют рассматривать ожирение как хроническое воспалительное заболевание [9, 12].

Этому положению соответствуют, установленные нами, положительные взаимосвязи уровня лептина с маркерами системного воспаления (СРБ, неоптерин, фибриноген) (табл. 2), с уровнем спонтанной продукции мононуклеарными лейкоцитами провоспалительных цитокинов (TNF- α и MCP-1).

Таким образом, гиперлептинемия – это не только симптом, характеризующий функциональное состояние жировой ткани и лежащий в основе развития АГ и других компонентов МС, но и состояние патогенетически взаимосвязанное с системным воспалительным ответом.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (договор № 13-04-01225 А), Совета по грантам Президента Российской Федерации, № НШ-4184.2014.7".

Список литературы:

1. Беспалова И.Д., Медянцева Ю.А., Калюжин В.В., Мурашев Б.Ю., Осихов И.А. Качество жизни больных гипертонической болезнью с метаболическим синдромом // Артериальная гипертензия. 2012. Т. 18, № 4. С. 304-309.
2. Беспалова И.Д., Калюжин В.В., Медянцева Ю.А. Качество жизни больных ишемической болезнью сердца: взаимосвязь с компонентами метаболического синдрома и маркерами системного воспаления // Бюллетень сибирской медицины. 2012. № 6. С. 17-20.
3. Беспалова И.Д., Калюжин В.В., Рязанцева Н.В., Медянцева Ю.А., Мурашев Б.Ю., Осихов И.А. Влияние 8-недельной терапии аторвастатином на качество жизни больных гипертонической болезнью с метаболическим синдромом // Артериальная гипертензия. 2013. Т. 19, № 2. С. 125-131.
4. Калюжин В.В., Тепляков А.Т., Рязанцева Н.В., Беспалова И.Д., Камаев Д.Ю., Калюжина Е.В. Качество жизни больных ишемической болезнью сердца, ассоциированной с метаболическим синдромом: результаты факторного анализа // Терапевтический архив. 2012. № 12. С. 18-22.
5. Маколкин В.И. Метаболический синдром. М: Медицинское информационное агентство, 2010. 144 с.
6. Мычка В.Б., Жернакова Ю.В., Чазова И.Е. Рекомендации экспертов Всероссийского общества кардиологов по диагностике и лечению метаболического синдрома (второй пересмотр). М.: Доктор.Ру, 2010. - 18 с.
7. Mottillo S., Filion K. B., Genest J. et al. Metabolic syndrome and cardiovascular risk: a systematic review and meta-analysis // J. Am. Coll. Cardiol. 2010. V. 56, № 14. P. 1113–1132.
8. Potenza M.V., Mechanick J.I. The metabolic syndrome: definition, global impact, and pathophysiology // Nutr. Clin. Pract. 2009. V. 24, № 5. P. 560-577.
9. Беспалова И.Д., Рязанцева Н.В., Калюжин В.В., Афанасьева Д.С., Мурашев Б.Ю., Осихов И.А. Системное воспаление в патогенезе метаболического синдрома и ассоциированных с ним заболеваний // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). 2013. № 2. С. 5-9.
10. Калюжин В.В., Сибирева О.Ф., Беспалова И.Д., Калюжина Е.В., Ткалич Л.М., Милованова Т.А., Осихов И.А., Мурашев Б.Ю. Протромботический статус у пациентов с метаболическим синдромом: связь с воспалением // Терапевтический архив. 2013. № 10. С. 29-33.
11. Драпкина О.М., Корнеева О.Н., Палаткина Л.О. Адипокины и сердечно-сосудистые заболевания: патогенетические параллели и терапевтические эффекты // Артериальная гипертензия. 2011. Т. 17, № 3. С. 203-208.
12. Шварц В. Жировая ткань как эндокринный орган // Проблемы эндокринологии. 2009. Т. 55, № 1. С.38–44.
13. Beltowski J. Leptin and atherosclerosis // Atherosclerosis. 2006. V. 189, № 1. P. 47-60.
14. Клинические рекомендации европейского общества кардиологов. М. – 2008. – 186 с.
15. Тотолян А.А., Балдуева И.А., Бубнова Л.Н. Стандартизация иммунофенотипирования крови и костного мозга человека // Клиническая лабораторная диагностика. – 2002. - № 1. – С. 44-50.
16. Миняйлова Н.Н., Сундукова Е.Л., Ровда Ю.И. Гиперлептинемия и ее клинико-метаболические ассоциации при синдроме инсулинорезистентности у детей и подростков // Педиатрия. 2009. Т. 88, № 6. С. 6-13.
17. Клебанова Е.М., Балаболкина М.И. Гормоны жировой ткани и роль в патогенезе сахарного диабета 2 типа // Лечащий врач. 2010. № 11. С. 12-16.

Антиоксидантный эффект аторвастатина при метаболическом синдроме

*Беспалова И.Д., Рязанцева Н.В., Калюжин В.В., Медянцева Ю.А.**,*

Мурашев Б.Ю., Осихов И.А.

ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России, г. Томск, Россия

***Красноярский государственный медицинский университет им. профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, Россия*

***МУЗ «Томская центральная районная больница», г. Томск, Россия*

Актуальную медико-социальную проблему представляет собой метаболический синдром (МС) - кластер модифицируемых факторов риска развития и тяжелого течения ряда социально значимых заболеваний, основных причин высокой заболеваемости, инвалидизации и смертности населения, способствующих также значительному снижению качества жизни (КЖ) [1, 2, 3, 6, 12]. В механизмах прогрессирования сосудистых и органических нарушений при МС и ассоциированных с ним заболеваний существенную роль играет воспаление [4, 6].

В исследованиях на популяционном уровне продемонстрирована статически значимая взаимосвязь между маркерами системного воспаления в сыворотке крови и компонентами МС [4]. Хорошо известно, что любой воспалительный процесс реализуется при участии иммунокомпетентных клеток, активированных различными повреждающими факторами и выделяющих биологически активные вещества (цитокины) и активные формы кислорода (АФК). В связи с этим ингибирование продукции цитокинов и АФК рассматривается как один из возможных подходов к лечению МС и ассоциированных с ним заболеваний.

Открытие противовоспалительных и иммуномодулирующих свойств ингибиторов 3-гидрокси-3-метилглутарил-коэнзим А-редуктазы (статинов), группы препаратов, рекомендованных пациентам с заболеваниями, ассоциированными с МС для коррекции дислипидемии, имеет большое значение для клинической медицины [11, 12]. При этом механизм их антиоксидантного действия изучен не достаточно.

Цель исследования: изучение влияния аторвастатина на спонтанную продукцию активных форм кислорода мононуклеарными лейкоцитами крови при метаболическом синдроме.

Материал и методы

В 8-недельное открытое неконтролируемое исследование включили 36 пациентов с гипертонической болезнью (ГБ) II стадии (АД<180/100 мм рт. ст.) [11], ассоциированной с МС. Из них абсолютное большинство представлено женщинами (77,7%; n=28). Средний возраст пациентов - 53,8±8,8 года. МС устанавливался на основании рекомендаций Всероссийского научного общества кардиологов. Для этого определялся необходимый спектр клинических, лабораторных и инструментальных показателей, предусмотренный для пациентов такого профиля [13].

Абдоминальное ожирение разной степени, гипертриацилглицеролемиа, повышение концентрации в сыворотке крови ЛПНП и/или снижение концентрации ЛПВП той или иной степени выраженности выявлены у всех обследованных пациентов, однако на момент первого обследования ни один из пациентов не получал гиполлипидемическую терапию. Нарушенная толерантность к глюкозе при проведении перорального теста толерантности к глюкозе диагностирована у 8 (22,2%) пациентов.

Всем больным после предварительного исследования назначался аторвастатин (липримар® – Pfizer Inc., Нью-Йорк, США) в индивидуально подобранной дозе (от 20 до 40 мг в сутки), достаточной для достижения целевого уровня липидов крови, определяемого исходя из категории общего сердечно-сосудистого риска [6]. Клиническое и лабораторное исследование пациентов проводили дважды по специально разработанному протоколу (одобрен этическим комитетом ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет Минздрава России» - регистрационный № 1707): до и после 8-недельной терапии аторвастатином.

В исследование не включали лиц с симптоматической артериальной гипертензией, с тяжелыми сопутствующими заболеваниями и с заболеваниями воспалительной природы другой локализации в исследование не включали. Все лица, принявшие участие в исследовании подписали информированное согласие. Оценка безопасности лечения помимо клинического обследования включала определение в сыворотке крови активность трансаминаз и креатинфосфокиназы (КФК).

Концентрацию С-реактивного белка (СРБ) в сыворотке крови определяли иммунотурбидиметрическим методом на автоматическом биохимическом анализаторе АВХ Pentra 400 (Франция), фибриногена - хронометрическим методом по Clauss на коагулометре (ООО «ТЕХНОЛОГИЯ-СТАНДАРТ», Барнаул). Концентрацию лептина, инсулина и неоптерина в сыворотке крови определяли методом иммуноферментного анализа с помощью наборов ELISA (Канада, США, Германия соответственно). Для диагностики инсулинорезистентности (ИР) использована малая модель гомеостаза (Homeostasis Model Assesment – НОМА).

Мононуклеарные лейкоциты выделяли в стерильных условиях из плазмы крови методом градиентного центрифугирования с использованием Ficoll-Paque («Pharmacia», Швеция) ($\rho=1,077$

г/см³). Затем их культивировали в полной культуральной среде (90% RPMI-1640 («Вектор-Бест», Новосибирск), 10% инактивированной эмбриональной телячьей сыворотки («Биолот», Санкт-Петербург), 0,3 мг/мл L-глутамина) при температуре 37⁰C и 5% CO₂ в течение суток [15].

Оценку спонтанной продукции АФК осуществляли с использованием красителя с заблокированной флуоресценцией – дихлорфлуоресцеина диацетата (ДХФ-ДА) («Sigma Aldrich», США) методом проточной цитофлуориметрии непосредственно в день выделения мононуклеарных лейкоцитов (*ex vivo*) и после инкубации в описанных выше условиях (*in vitro*). Готовые пробы анализировали с помощью лазерного проточного цитофлуориметра FacsCanto II («Becton Dickinson», США), уровень АФК в клетке рассчитывали как отношение суммарной интенсивности свечения к количеству мононуклеарных лейкоцитов. Результаты исследования выражали в условных единицах (усл. ед.).

Статистическая обработка полученных данных производилась с применением пакета программ STATISTICA 10.0 (StatSoft, Inc., USA). Качественные признаки представлены в виде n, % (число больных с данным признаком, процент от их количества в группе соответственно), количественные данные - в виде среднего (M) и стандартного отклонения (SD) и в виде медианы, нижнего и верхнего квартилей – Me (LQ; UQ) при отсутствии нормального распределения переменных. Проверка нормальности распределения производилась методом Шапиро-Уилка. В связи с отсутствием нормального распределения при сравнении средних групповых количественных признаков применялся тест Манна-Уитни, статистическую значимость различий между зависимыми переменными оценивали с помощью W-теста Вилкоксона. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$. Силу связи между изучаемыми количественными показателями и ее направленность выражали через коэффициент ранговой корреляции Спирмена (r).

Результаты и обсуждение

В таблице 1 приведены результаты диагностических тестов, выполненных в соответствии с протоколом исследования у лиц контрольной группы, а также вошедших в исследование пациентов. Обращают на себя внимание статистически значимые различия основной и контрольной групп по антропометрическим параметрам и концентрации в сыворотке крови абсолютного большинства показателей, характеризующих состояние жирового (ОХС, ХС ЛПНП, ТАГ), углеводного (глюкоза, инсулин, НОМА) и пуринового (МК) обмена, маркеров системного воспалительного ответа (фибриноген, СРБ, неоптерин), а также по уровню гормона жировой ткани - лептина. Полученные нами результаты, согласуются с данными литературы, которые подтверждают участие воспаления и нарушений пуринового обмена в механизмах развития МС и ассоциированных с ним заболеваний [2, 5, 8, 20]. Системная гиперинсулинемия и гиперлептинемия – состояния, также характеризующие МС [5, 21, 22].

Известно также, что при воспалении усиление свободно-радикального окисления сопровождается увеличением выработки АФК, играющих важную роль в регуляции сигнальных систем клетки [10]. Для того чтобы оценить функциональную активность мононуклеарных лейкоцитов определяли уровень спонтанной продукции АФК лимфоцитами и моноцитами крови у пациентов с МС и здоровых доноров. Установлено, что уровень спонтанной продукции АФК как моноцитами, так и лимфоцитами у пациентов с МС был выше ($p < 0,05$), чем в контрольной группе.

На следующем этапе научного поиска проводилась оценка динамики изучаемых показателей на фоне 8-недельной терапии аторвастатином. Основным эффектом в фармакодинамике аторвастатина считают его гиполипидемическое действие, проявляющееся в снижении содержания в сыворотке крови атерогенных фракций холестерина. В данном исследовании об эффективности проведенного лечения можно судить на основании статистически и клинически значимого уменьшения концентраций в сыворотке крови ОХС, ТАГ и ХС ЛПНП (на 16, 15 и 34,2 % соответственно, $p < 0,05$). О безопасности данной терапии свидетельствует незначительная динамика концентраций в сыворотке крови глюкозы, трансаминаз и КФК. Из перечисленных показателей только концентрация аланинаминотрансферазы имела статистически значимое увеличение, однако медиана и верхний квартиль концентрации этого показателя не превышали нормальных значений (29 (21;36) ед/л). Лечение переносилось хорошо, ни у одного пациента не возникло нежелательных эффектов, вызванных приемом препарата [15].

Динамика уровня спонтанной продукции про- и противовоспалительных цитокинов и АФК мононуклеарными лейкоцитами крови, а также концентраций в сыворотке крови белков острой фазы в ходе 8-недельной терапии аторвастатином представлена в таблице 2.

Таблица 1. Клинико-лабораторная характеристика основной группы пациентов и группы контроля
Me [(LQ; UQ)]

Показатель	Группа контроля (n=15)	Пациенты с МС (n=36)	p
Масса тела, кг	59,1 (55;73)	89 (80,75;104)	<0,0001
ИМТ, кг/м ²	22,48 (21,23;24,42)	34,17 (30,11;38,23)	<0,0001
ОТ, см	72 (68;87,5)	106 (94,5;113)	<0,0001
ОБ, см	95,5 (91,5;100)	116 (109,5;124)	<0,0001
ОТ/ОБ	0,8 (0,72;0,82)	0,89 (0,85;0,94)	<0,01
САД, мм рт. ст.	115 (110;120)	135 (125;140)	<0,001
ДАД, мм рт. ст.	80 (70;80)	85 (80;90)	<0,05
Глюкоза, ммоль/л	4,98 (4,66;5,78)	5,41 (5;6,2)	<0,05
АЛТ, ед/л	19 (13;23)	23 (16;31)	<0,05
АСТ, ед/л	18 (17;26)	20 (17;26)	>0,05
КФК, ед/л	97 (53;149)	96 (68;122)	>0,05
ОХС, ммоль/л	4,24 (3,66;4,85)	5,63 (4,85;6,26)	<0,0001
ТАГ, ммоль/л	0,81 (0,6;0,96)	1,54 (1,11;2,07)	<0,0001
ХС ЛПНП, ммоль/л	2,56 (2,23;2,8)	3,91 (3,2;4,57)	<0,0001
ХС ЛПВП, ммоль/л	1,36 (1,25;1,7)	1,11 (0,9;1,61)	>0,05
Инсулин, мкМЕД/мл	9,43 (6,98;11,67)	15,99 (11,56;21,35)	<0,0001
НОМА-IR	2,03 (1,48;2,69)	4,07 (2,72;5,13)	<0,0001
Лептин, нг/мл	16,59 (8,41;22,5)	44,38 (16,6;82,92)	<0,0001
вчСРБ, мг/л	0,12 (0;1,51)	2,35 (0,45;7,05)	<0,001
Фибриноген, г/л	2,8 (2,22;3,4)	3,4 (2,94;3,81)	<0,05
Неоптерин, нмоль/л	3,2 (2,38;5,42)	3,82 (2,82;6,97)	<0,05
Уровень АФК, усл. ед. (ex vivo)			
- лимфоциты	0,178 (0,130;0,297)	0,487 (0,183;1,579)	<0,05
- моноциты	0,867 (0,555;1,098)	2,047 (0,817;2,630)	<0,05
Уровень АФК, усл. ед. (in vitro)			
- лимфоциты	0,115 (0,093;0,136)	0,269 (0,141;0,456)	<0,001
- моноциты	0,723 (0,491;0,989)	1,412 (1,192;3,372)	<0,0001

Примечание: p – статистическая значимость межгрупповых различий, ИМТ – индекс массы тела, ОТ – окружность талии, ОБ – окружность бедер, СД – сагиттальный диаметр, ООЖТ – общий объем жировой ткани, ОВЖТ – объем висцеральной жировой ткани, САД – систолическое артериальное давление, ДАД – диастолическое артериальное давление, АЛТ – аланинаминотрансфераза, АСТ – аспаратаминотрансфераза, КФК – креатинфосфокиназа, ОХС – общий холестерол, ТАГ – триацилглицеролы, ХС ЛПНП – холестерол липопротеинов низкой плотности, ХС ЛПВП – холестерол липопротеинов высокой плотности, вчСРБ – высокочувствительный С-реактивный белок.

Статистически значимое снижение на фоне лечения аторвастатином концентраций в сыворотке крови острофазовых белков (вчСРБ, неоптерина) свидетельствует о противовоспалительном эффекте проводимой терапии.

Уровень АФК в клетках крови характеризует их метаболическое состояние, его изменение при МС служит сигнальным механизмом для запуска в организме различных клеточных процессов, оказывающих неблагоприятное влияние. Статистически значимое уменьшение спонтанной продукции АФК мононуклеарными лейкоцитами на фоне 8-недельной терапии аторвастатином (табл. 2, рис.) свидетельствует о его антиоксидантном действии и частично объясняет способность статинов положительно влиять на качество жизни [24].

Таблица 2. Динамика уровня спонтанной продукции цитокинов и активных форм кислорода мононуклеарными лейкоцитами крови и концентрации белков острой фазы пациентов с метаболическим синдромом на фоне 8-недельной терапии аторвастатином [Ме (LQ; UQ)]

Показатели	До лечения (n=36)	После лечения (n=36)	P
вчСРБ, мг/л	2,35 (0,45;7,05)	1,38 (0,31;4,18)	0,00000
Фибриноген, г/л	3,4 (2,94;3,81)	3,37 (3;3,9)	0,79386
Неоптерин, нмоль/л	3,82 (2,82;6,97)	3,4 (2,86;4,84)	0,00007
Лептин, нг/мл	44,38 (16,6;82,92)	38,47 (22,19;68,05)	0,00011
Уровень АФК, усл. ед. (<i>ex vivo</i>)			
- лимфоциты	0,487 (0,183;1,579)	0,151 (0,139;0,218)	0,0281
- моноциты	2,047 (0,817;2,630)	0,556 (0,447;0,821)	0,0229
Уровень АФК, усл. ед. (<i>in vitro</i>)			
- лимфоциты	0,269 (0,141;0,456)	0,081 (0,061;0,135)	0,0000
- моноциты	1,412 (1,192;3,372)	0,737 (0,516;0,963)	0,0000

Примечание: P – статистическая значимость динамики показателя; вчСРБ – высокочувствительный С-реактивный белок, АФК – активные формы кислорода.

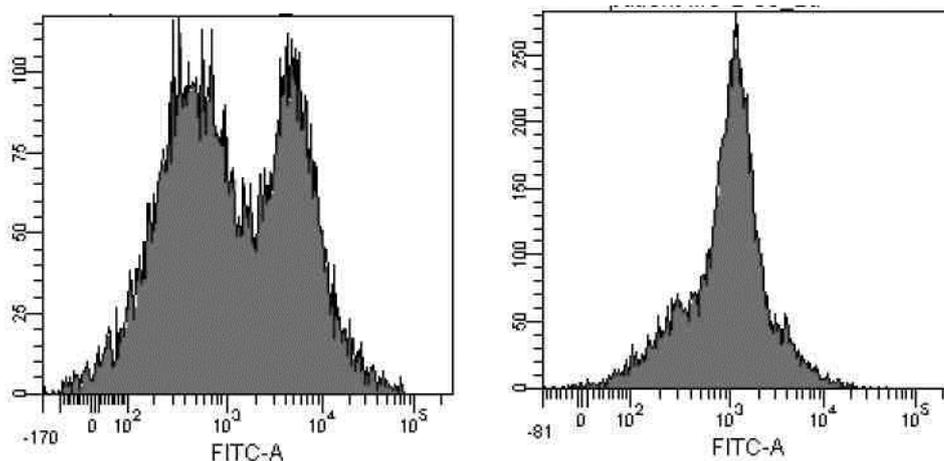


Рис. Одномерные гистограммы спонтанной продукции активных форм кислорода мононуклеарными лейкоцитами крови пациента с метаболическим синдромом: А – до лечения, Б – после 8-недельной терапии аторвастатином

Обращает на себя внимание уменьшение на фоне лечения концентрации в сыворотке крови гормона жировой ткани лептина. Динамика концентрации лептина под влиянием лечения аторвастатином нами приведена не случайно. Хорошо известно о взаимосвязи этого адипокина с маркерами системного воспаления, которую объясняют свойством лептина стимулировать клеточный иммунитет и влиять на продукцию провоспалительных цитокинов и АФК [22].

Таким образом, 8-недельная терапия аторвастатином пациентов с гипертонической болезнью II стадии в сочетании с МС в индивидуально подобранных дозах (от 20 до 40 мг/сутки) не только способствует статистически значимому снижению атерогенных фракций холестерина и является безопасной, но и способствует уменьшению концентрации белков острой фазы в сыворотке крови и уменьшению спонтанной продукции мононуклеарными лейкоцитами крови и АФК.

Дальнейшее изучение механизмов противовоспалительного действия статинов необходимо для разработки критериев эффективности противовоспалительного лечения для пациентов с МС и расширения показаний к назначению этой группы препаратов данной категории пациентов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (договор № 13-04-01225 А), Совета по грантам Президента Российской Федерации, № НШ-4184.2014.7".

Список литературы:

1. Беспалова, И.Д. Лептин как индуктор воспаления и окислительного стресса при метаболическом синдроме / И.Д. Беспалова // Бюллетень сибирской медицины. - 2014. № 1. - С. 20-26.
2. Беспалова И.Д., Медянцев Ю.А., Калюжин В.В., Мурашев Б.Ю., Осихов И.А. Качество жизни больных гипертонической болезнью с метаболическим синдромом // Артериальная гипертензия. - 2012. - Т. 18, № 4. - С. 304-309.
3. Беспалова И.Д., Медянцев Ю.А., Калюжин В.В. Качество жизни больных ишемической болезнью сердца: взаимосвязь с компонентами метаболического синдрома и маркерами системного воспаления // Бюллетень сибирской медицины. - 2012. - № 6. - С. 17-20.
4. Беспалова И.Д., Рязанцева Н.В., Калюжин В.В., Афанасьева Д.С., Мурашев Б.Ю., Осихов И.А. Системное воспаление в патогенезе метаболического синдрома и ассоциированных с ним заболеваний // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). - 2013. - № 2. - С. 5-9.
5. Беспалова И.Д., Калюжин В.В., Рязанцева Н.В., Медянцев Ю.А., Мурашев Б.Ю., Осихов И.А. Влияние 8-недельной терапии аторвастатином на качество жизни больных гипертонической болезнью с метаболическим синдромом // Артериальная гипертензия. - 2013. - Т. 19, № 2. - С. 125-131.
6. Маколкин В.И. Метаболический синдром. М: Медицинское информационное агентство, 2010. - 144 с.
7. Мычка В.Б., Жернакова Ю.В., Чазова И.Е. Рекомендации экспертов Всероссийского общества кардиологов по диагностике и лечению метаболического синдрома (второй пересмотр). М.: Доктор.Ру, 2010. - 18 с.
8. Атрошенко Е.С. Плейотропные эффекты статинов: новый аспект действия ГМК-КоА-редуктазы // Медицинские новости. - 2004. - № 3. - С. 59-66.
9. Щукин Ю.В., Вачев А.Н., Дьячков В.А., Селезнев Е.И., Медведева Е.А., Пикатова Е.А., Михайлов М.С. Влияние кратковременной высокодозной терапии аторвастатином на состояние окислительного стресса и эндогенного воспаления у больных с распространенным атеросклерозом // Казанский медицинский журнал. - 2008. - Т. 89, № 3. - С. 298-303.
10. Gupta A., Badyal D.K., Khosla P.P., Uppal B., Jaison T.M., Chopra S. Effect of atorvastatin on hsCRP in acute coronary syndrome // Br. J. Clin. Pharmacol. - 2008. - Vol. 66, № 3. - P. 411-413.
11. Potenza M.V., Mechanick J.I. The metabolic syndrome: definition, global impact, and pathophysiology // Nutr. Clin. Pract. - 2009. - Vol. 24, № 5. - P. 560-577.

УДК 616.12 -:008.331.1 (470.332)

Гендерные особенности распространенности артериальной гипертензии в неорганизованной популяции г. Томска

Ефимова Е.В., Конобеевская И.Н.

Научно-исследовательский институт кардиологии, г. Томск, Россия

Оценка распространенности артериальной гипертензии (АГ) по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) свидетельствует о том, что до 1 млрд. людей в мире страдают от этого заболевания, причем, АГ занимает первое место по вкладу в смертность от сердечнососудистых заболеваний (ССЗ). Если в 2005г. вклад АГ в смертность от ССЗ составил 7,1 млн., то к 2013г. эта цифра возросла почти на одну треть и достигла 9,4 млн. Неутешительным является и прогноз, по которому к 2030г. от ССЗ будут погибать около 23.6 млн. ежегодно. По данным ВОЗ и Всемирного банка распространенность АГ была наиболее высокой в Африканском регионе и достигала 46% у взрослых старше 25 лет. Средняя распространенность АГ в шести европейских странах (Англия, Финляндия, Германия, Италия, Испания, Швеция) составила 44,2%, в Канаде и США – 27,6%. Самая высокая распространенность АГ в Европе отмечалась в Германии (55,0%), за ней следовали Финляндия (49,0%), Испания (47,0%), Англия (42,0%), Швеция (38,0%) и Италия (38,0%). Отмечено, что в 37 из 52 европейских государств – членов ВОЗ ведущим фактором риска смерти остается АГ [10,13-15].

В Российской Федерации вообще и Сибирском Федеральном округе в частности сложилась неблагоприятная медико-демографическая ситуация, связанная с высокой

заболеваемостью, инвалидностью и преждевременной смертностью от болезней сердечнососудистой системы. По данным эпидемиологического мониторинга, распространенность АГ в Российской Федерации у лиц 15 лет и старше составила 39,5%, что свидетельствовало примерно о сорока двух с половиной миллионах человек. У женщин АГ выявлялась чаще, чем у мужчин (40,4% и 37,2% соответственно). Наиболее высокая распространенность АГ отмечалась в Южном и Приволжском федеральных округах (45,9% и 43,2% соответственно), за ним следовали Сибирский федеральный округ (42,5%), Северо-Западный округ (41,2%), Центральный округ (36,5%), Уральский округ (36,2%) и Дальневосточный федеральный округ (32,3%) [1-3, 6-8].

Это одна из самых болевых проблем современного состояния здоровья населения и в различных регионах России, причем, особенно настораживает высокий уровень смертности лиц трудоспособного возраста, особенно смертность мужчин, которая в четыре раза превышает смертность женщин [5]. Различия в здоровье мужчин и женщин общепризнанны. Исследования, в которых изучалось здоровье мужчин и женщин, показало, что такие социальные индикаторы, как образование, статус занятости и социально-экономический статус, брачный и родительский статус, социальная поддержка, тесно связаны со здоровьем людей и их благополучием и объясняют гендерные различия в нездоровье [9]. Гендерные дифференциации в поведении мужчин и женщин, характеризующем их стили жизни в здоровье; курение и потребление алкоголя — наиболее значимые детерминанты статуса здоровья для мужчин, тогда как низкая физическая активность, избыточный вес — для женщин во многом определяют продолжительность жизни, возраст и причину преждевременной смертности этих групп населения. В условиях Сибирских регионов, установление реальных цифр распространенности АГ, взаимосвязь с социально-экономическими факторами в различные периоды онтогенеза популяций интересна и чрезвычайно важна для решения проблем, связанных с сохранением здоровья населения в конкретных ситуациях.

Цель: изучить особенности распространенности артериальной гипертензии у мужчин и женщин г. Томска – типичного города Западной Сибири.

Материал и методы: исследование проведено в рамках международного проекта, по контракту о сотрудничестве между Генеральным директоратом ВОЗ в рамках программы по изучению Здоровья России (“Epihealth Russia”), поддержанного европейским Комитетом ВОЗ по программам - «Эпидемиологическое исследование причин роста смертности населения России» и «Мониторинг здоровья населения России». Помимо российских центров (НИИ кардиологии г. Томск, Российский научный онкологический центр им. Н.Н.Блохина г. Москва и Алтайская государственная медицинская академия г. Барнаул), участниками исследования являлись центры Франции, МАИР (Международное Агентство Исследования Рака, г. Лион) и Великобритании (Университет, Оксфорд). Проект в Томске осуществлялся при поддержке Администрации города и области в рамках совместной работы с практическим здравоохранением. В реализации проекта использовались стратегии Международной программы CINDI (Countrywide Integrated Noncommunicable Disease Intervention (CINDI) programme / WHO, 33 страны). Основные усилия были направлены на привлечение первичного звена здравоохранения к участию в исследовании, повышению информированности медицинских работников в оценке основных факторов риска, обучению стандартизированным методам эпидемиологического исследования, а также на сотрудничество с различными службами (СМИ, органами Федеральной службы государственной статистики, ЗАГС и т. д.). Для осуществления работы в период 2001-2012гг. получено разрешение Комитета по биомедицинской этике департамента здравоохранения (протокол № 78 от 12.01.2001г.). В проекте участвовали амбулаторные службы 15 медицинских учреждений, обслуживающих население города. Работа проводилась в период 2001-2012гг. Участковые врачи были обучены стандартным методам эпидемиологического исследования (технике интервьюирования, правилам заполнения анкет, методике измерения АД и антропометрических данных, оценки факторов риска и т.д.). Обследование по программе скрининга включало проведение следующих методик: опрос по оригинальной анкете скрининга, содержащей: паспортные данные, национальность, сведения об образовании, уровне дохода и профессиональной деятельности, личный и семейный анамнез, сведения о приём лекарственных средств, вредных привычках - курении, в том числе пассивном курении, употреблении алкоголя, питании. Проводилось стандартизованное измерение артериального давления на правой руке в положении сидя. Для исключения возможности физического и эмоционального влияния на уровень АД в течение 5 мин. до начала измерения обследуемые находились в состоянии покоя. Давление фиксировалось в анкете дважды в начале опроса и в конце, перед забором проб. Учитывалось среднее двух измерений. При этом использовались следующие критерии АГ:

систолическое артериальное давление равно или больше 140 мм рт. ст. и/или диастолическое артериальное давление равно или больше 90 мм рт. ст. (согласно международным критериям ВОЗ/МОАГ 1999 года). В группу с АГ также включались лица, принимавшие гипотензивные препараты в период обследования или прекратившие их приём менее чем за 2 недели до обследования. В соответствии с протоколом, целью и задачами исследования осуществлены следующие шаги: проведено рабочее совещание, заключено соглашение с администрацией об участии практического здравоохранения в проекте, получено разрешение Этического комитета на эпидемиологическое исследование, в том числе опрос и осмотр населения, взятие биологических проб. Медицинские работники оснащены необходимым инструментарием: методические инструкции, удостоверения интервьюеров, тонометры, ростомеры, весы и т.п. Оценивалось влияние социально-экономических факторов – уровня образования, дохода, семейного статуса, массы тела – на относительный риск (ОР) развития АГ. Базы данных создавались в формате “Access”, для программного обеспечения статистической обработки данных использовался пакет прикладных программ “Statistica 6.0”.

Результаты: По протоколу планировался скрининг 50 тыс. жителей г. Томска (31 тыс. мужчин и 19 тыс. женщин). В итоге обследовано 67 373 человека в возрасте 30-74 лет. Следует отметить высокий комплаенс исследования. Имелись лишь единичные (менее 1%) случаи отказа от осмотра и опроса, что свидетельствовало о высоком доверии населения и готовности сотрудничать с работниками первичного звена практического здравоохранения. Более половины обследованных (56,2%) составили мужчины и в основном как у группы мужчин (79,2%), так и у женщин (64,8%) это были лица трудоспособного возраста (табл. 1).

Таблица 1. Структура обследованной популяции по полу и возрасту

возраст (лет)	мужчины		женщины		все	
	п	%	п	%	п	%
30-34	6 742	17,8	4 154	14,1	10 896	16,2
35-44	8 914	23,5	6 260	21,2	15 174	22,6
45-54	10 926	28,9	8 841	29,9	19 767	29,3
55-64	6 759	17,9	5 051	17,1	11 810	17,5
65-74	4 501	11,9	5 225	17,7	9 726	14,4
итого	37 842	100,0	29 531	100,0	67 373	100,0

Обращала внимание высокая распространенность артериальной гипертензии как у группы женщин (52,3%), так и у группы мужчин (45,5%). Отмечались различия в частоте заболевания, связанные с возрастом. Отмечались различия в частоте АГ, связанные с возрастом (линейная зависимость). Если в молодом возрасте (30-34, 35-44 лет) АГ выявлялась в группе мужчин значительно чаще ($p < 0,01$, $p < 0,05$), то в следующих группах эти цифры выравнивались, а в последней возрастной группе количество женщин с повышенным артериальным давлением превышало таковое у мужчин ($p < 0,01$), что совпадает с результатами ряда исследований [11,12]. (табл.2).

Таблица 2. Распространенность АГ по возрасту и полу в популяции г. Томска

возраст (лет)	мужчины		женщины		все	
	п	%	п	%	п	%
30-34	907	13,5	344	8,3	1 251	11,48
35-44	2 450	27,5	1 505	24,0	3 955	26,06
45-54	5 505	50,4	4 812	54,4	10 317	52,19
55-64	4 798	71,0	3 843	76,1	8 641	73,17
65-74	3 513	79,1	4 617	88,9	8 130	83,59
итого	17 173	45,5	15 121	52,3	32 294	47,93

Следует отметить, что социально-экономические факторы включают множество понятий, но наиболее значимыми из них являются образование и материальный статус [Kaplan]. Результаты данного исследования (табл. 3,4) свидетельствуют об отрицательной обратной связи между относительным риском АГ и уровнем образования. У мужчин с начальным образованием ОР в полтора раза (95%ДИ 1,46-1,57), у женщин – более чем в два раза (95%ДИ 2,02-2,15) больше, чем у лиц с высшим и специальным образованием, т.е. чем ниже уровень образования, тем выше относительный риск АГ. Анализ влияния уровня дохода выявил возрастание относительного

риска АГ в полтора раза у мужчин с очень низким (95%ДИ 1,42-1,69) и низким уровнем дохода (95%ДИ 1,35-1,54). У женщин этот показатель был более чем в два раза (95%ДИ 1,90-2,34 и 1,89-2,28 соответственно) больше, чем у лиц с высоким уровнем дохода. Таким образом, чем ниже уровень дохода, тем выше относительный риск АГ, что совпадает с результатами исследований в различных странах, подтверждающими, что чем выше уровень дохода, тем ниже смертность населения от АГ [4]. При анализе влияния брачного статуса у мужчин и женщин за референсную группу с относительным риском АГ равным единице были приняты лица, не состоящие в браке. Во всех остальных группах наблюдалось увеличение относительного риска АГ. Наиболее высоким ОР был в группе вдовых мужчин – 3,09 (95%ДИ 2,81-3,40) и женщин – 2,84 (95%ДИ 2,57-3,13).

Таблица 3. Относительный риск АГ у мужчин с различным социально-экономическим статусом и массой тела

фактор	социальная группа	п	%	ОР	95% ДИ
образование	начальное	1 522	8,8	1,515	1,46-1,57
	среднее	5 093	29,6	1,114	1,08-1,15
	специальное	6 278	36,5	0,963	0,94-0,99
	высшее	4 267	24,8	1,00	1,00
уровень дохода	очень плохой	501	2,9	1,548	1,42-1,69
	низкий	5 675	33,0	1,440	1,35-1,54
	средний	10 378	60,4	1,222	1,15-1,30
	хороший	629	3,7	1,00	1,00
семейный статус	холост	384	2,2	0,483	0,44-0,53
	разведен	1 311	7,6	1,709	1,55-1,88
	вдовец	1 003	5,8	3,091	2,81-3,40
	женат	14 485	84,2	2,070	1,89-2,26
масса тела	низкая (<18,5)	73	0,4	1,038	0,86-1,25
	норма (<25>=18,5)	4 771	27,7	1,00	1,00
	избыточная (<30>=25)	9 082	52,8	1,417	1,38-1,46
	ожирение (>=30)	3 257	18,9	2,190	2,13-2,25

Таблица 4. Относительный риск АГ у женщин с различным социально-экономическим статусом и массой тела

фактор	социальная группа	п	%	ОР	95% ДИ
образование	начальное	1 945	12,9	2,081	2,02-2,15
	среднее	3 372	22,3	1,517	1,47-1,57
	специальное	6 286	41,6	1,241	1,20-1,99
	высшее	3 474	23,0	1,00	1,00
уровень дохода	очень плохой	561	3,7	2,106	1,90-2,34
	низкий	5 336	35,3	2,073	1,89-2,28
	средний	8 915	59,0	1,503	1,37-1,65
	хороший	310	2,0	1,00	1,00
семейный статус	не замужем	291	1,9	0,597	0,54-0,66
	разведена	1 586	10,4	1,615	1,45-1,79
	вдова	4 799	31,7	2,837	2,57-3,13
	замужем	8 446	55,8	1,674	1,52-1,85
масса тела	низкая (<18,5)	43	0,2	0,162	0,55-0,42
	норма (<25>=18,5)	2 840	18,7	1,00	1,00
	избыточная (<30>=25)	6 141	40,6	1,795	1,73-1,86
	ожирение (>=30)	6 098	40,3	2,628	2,54-2,72

Ассоциированным с артериальным давлением и так же распространенным фактором риска являлась избыточная масса тела, выявленная почти у каждого второго мужчины (52,8%) и более, чем у каждой третьей (40,6%) женщины. Относительный риск составил соответственно 1,42-1,79. А если прибавить к их числу лиц с различными степенями ожирения, относительный риск возрастал до 2,19-2,63, то практически у 71,7% мужчин и 80,9% женщин имелся этот фактор риска. Обращал внимание также широко распространенный в группе мужчин (52,3%) андронидный (абдоминальный) тип ожирения (индекс талия/бедро более 0.9). Особенно неблагоприятным

являлось наличие сочетанных вариантов различных факторов риска сердечнососудистых заболеваний. Так, у каждого четвертого (26,9%) мужчины отмечалось сочетание трех факторов (АГ, курения, избыточной массы тела), у каждого третьего (32,6-38,1%) двух факторов риска (АГ+ИМТ, АГ+К). У группы женщин сочетанные формы встречались значительно реже, от 6,6% (АГ+К+ИМТ) до 8,9 (АГ+К) за исключением сочетания АГ и ИМТ, которые отмечались в 41,5%. Вместе с тем, это свидетельствовало о том, что население г. Томска можно отнести к популяциям высокого риска снижения длительности и качества жизни. Только каждый 50-й мужчина и каждая 15-я женщина не имели факторов риска заболеваний

Заключение: Таким образом, результаты эпидемиологического исследования популяции типичного города Западной Сибири позволили выявить гендерные особенности распространенности артериальной гипертензии и взаимосвязь с некоторыми социальными факторами. В молодом возрасте (30-34, 35-44 лет) АГ выявлялась в группе мужчин чаще, в следующих группах эти цифры выравнивались, а в последней возрастной группе количество женщин с повышенным артериальным давлением превышало таковое у мужчин. Неблагоприятный семейный статус (вдовство) повышал в 2,8-3 раза риск АГ как у женщин, так и у мужчин. Лица с начальным уровнем образования страдали АГ чаще (мужчины – 1,5 раза женщины – в 2 раза) чем лица со средним и высшим образованием. Риск АГ был наиболее высок у лиц с низким и очень низким (у мужчин - в полтора, у женщин - более, чем в два раза) уровнями доходов. Обращало внимание также гендерное неравенство сочетаний факторов риска, так у мужчин АГ чаще сочеталось с курением, у женщин – с избыточной массой тела. Следует подчеркнуть, что долгое время рекомендации по гипертензии были направлены только на определение уровней артериального давления, а также на необходимость медикаментозного лечения и выбор лекарственной терапии. Однако уже в 2003 году в рекомендациях Европейского общества гипертензии и Европейского общества кардиологов подчеркивалось, что диагностика и лечение артериальной гипертензии должны определяться с позиции суммарного риска. В рекомендациях ВНОК это положение было поддержано. В многочисленных эпидемиологических исследованиях показано, что лишь небольшая часть пациентов с гипертензией имеют только повышенный уровень артериального давления, большинство же демонстрируют наличие дополнительных факторов риска ССЗ. Наиболее неблагоприятным фактом в исследуемой популяции являлось то, что только в единичных случаях как у мужчин (у каждого двенадцатого мужчины), так и у женщин (каждой шестой женщины) отмечалась изолированная артериальная гипертензия. Сочетание двух факторов риска выявлялось: АГ и курения – у каждого четвертого; АГ и избыточной массы тела у каждого третьего мужчины, соответственно – у 3,6% и у 2/3 женщин (72%). И, что особенно неблагоприятно – у 40% мужчин с АГ и каждой одиннадцатой женщины имелось три фактора риска, что естественно приводит к усугублению коморбидности, потенцированию взаимодействия факторов и, соответственно, к увеличению риска сердечно-сосудистой смертности. Обращало внимание отсутствие методических материалов по профилактике артериальной гипертензии для населения в условиях участковых служб амбулаторно-поликлинических учреждений. Пришло время признать масштабность социальных и экономических факторов, влияющих на состояние здоровья, включая ответственность самих граждан за состояние собственного здоровья и государства за создание условий, позволяющих населению делать выбор в пользу профилактики артериальной гипертензии.

Список литературы:

1. Карпов Р.С., Трубачева И.А., Перминова О.А. - Популяционные аспекты сердечно-сосудистых заболеваний у взрослого населения г. Томска. // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. - 2004. - №4. – С. 15-24.
2. Кладов С.Ю., Конобеевская И.Н., Карпов Р.С. Факторы демографической нестабильности населения Томской области. Томск: Изд-во «Печатная мануфактура» - 2009. – 224 с.
3. Макарова Н.В., Ильченко И.Н. Эпидемиология артериальной гипертензии на уровне региона Европейской части России: вопросы профилактики //Общественное здоровье и здравоохранение. - 2009. - № 2. - С. 12-20.
4. Маркес П.В. Рано умирать. Проблемы высокого уровня заболеваемости и преждевременной смертности от неинфекционных заболеваний и травм в Российской Федерации и пути их решения. Международный банк реконструкции и развития / Всемирный банк. – 2006. - 147 с.
5. Оганов Р.Г., Масленникова Г.Я. Демографическая ситуация с сердечнососудистыми заболеваниями в России: пути решения проблем // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2007. – N 6. - С. 7 – 14.

6. Симонова Г.И., Никитин Ю.П., Глушанина О.М. и др. Артериальная гипертония и риск сердечно-сосудистой смертности в городской сибирской популяции // Бюллетень СО РАМН. - 2006. - № 4 (122). - С. 88-92.
7. Шальнова С.А., Деев А.Д., Оганов Р.Г., Шестов Д.Б. Роль систолического и диастолического артериального давления для прогноза смертности от сердечно-сосудистых заболеваний // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. - 2002. - № 1. - С. 10-15.
8. Шальнова С.А., Кукушкин С.К., Маношкина Е.М., Тимофеева Т.Н. Артериальная гипертензия и приверженность терапии // Врач. - 2009. - N 12. - С. 39-42.
9. Kaplan GA., Keil GE. Socioeconomic factors and cardiovascular disease: a review of literature // Circulation. - 1993. - 88. - P. 1973-98. WHO. A global brief on Hypertension. - 2013. - p. 39.
10. Kearney, P., Whelton M., Reynolds K et al. Global burden of hypertension: analysis of worldwide data // Lancet. - 2005. - Vol. 365. - P. 217-223.
11. O'Donnell M., Xavier D., Liu L, Zhang H. Risk factors for ischemic and intracerebral hemorrhagic stroke in 22 countries (the INTERSTROKE Study: a case - control study Reference // Lancet. - 2010. - Vol. 376. - P. 112 - 123.
12. Pimenta, E. Hypertension in women // Hypertension Research. - 2012. - Vol. 35. - P. 148-152.
13. WHO / Europe Mortality indicators by 67 causes of death, age and sex (HFA- MBD). [Электронный документ] - 2012 (<http://www.euro.who.int/en/what-we-do/data-and-evidence/databases/mortality-indicators-by-67-causes-of-death,-age-and-sex-hfa-mbd>). Проверено 25.05.2012
14. WHO. A global brief on Hypertension. - 2013. - 39 p.
15. Yusuf S. et al. On behalf of the INTERHEART study investigators. Effect potentially modifiable risk factor associated with myocardial infarction in 52 countries (the INTERHEART study): case-control study // Lancet. - 2004. - Vol. 364. - P. 937 - 952.

Инородные тела пищеварительного тракта у детей

Мельник Д.Д., Юшманова А.Б. Шалыгин В.А.

Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск, Россия

БСМП № 2, Россия, г. Томск, Россия

Инородное тело – это чужеродный предмет, попавший в пищевод, желудок, кишечник в результате заглатывания, проникающего ранения, хирургического вмешательства. Они могут поступать извне и образовываться в самом пищеварительном тракте, но не являющиеся по своему составу пищей, могут давать осложнения: кровотечения перфорацию, флегмону, перитонит

По происхождению различают:

- 1- случайно или умышленно проглоченные предметы;
- 2- сформированные в организме камни (желудочные безоары);
- 3- предметы, попавшие в пищеварительный тракт травматическим путём;
- 4- предметы, оставшиеся после оперативных вмешательств.

Особенность складывать все окружающие мелкие предметы в рот очевидна уже у детей грудничкового возраста: как только появляется способность что-либо удерживать в руках, ребёнок тут же стремится сосать предмет или «попробовать его на зуб». Часто родители умиляются такой ранней привычке своего ребёнка и не стремятся препятствовать этому, не подозревая, какие тяжёлые последствия могут возникнуть, когда ребёнок проглатывает предмет. Наиболее часто происходит заглатывание инородных тел в возрасте 1-5 лет: иногда это происходит неосознанно во время игры, реже – осознанно. В жизни различные предметы пищеварительного тракта встречаются гораздо чаще, чем об этом сообщается в доступной литературе. 80-90 инородных тел пищеварительного тракта выходят самостоятельно с калом, но случаях задержки их по пути следования в пищеварительном тракте могут возникать серьёзные осложнения (перфорации, флегмоны, перитониты).

В пищеводе могут застревать крупные тела, как правило, на уровне физиологических сужений. Основные признаки: внезапное расстройство глотания, боли за грудиной, рвотные движения слюнотечение. Может наблюдаться кашель и даже приступы цианоза из-за возможного отёка и сдавления трахеи на уровне первого физиологического сужения. Эти явления сигнализируют о возможной катастрофе и заставляют принимать экстренные меры для устранения патологии. Иногда инородное тело пищевода полностью не перекрывает его просвета, пища может проходить по оставшейся незакрытой части и, ввиду скудной симптоматики, инородное тело пищевода может длительно оставаться не диагностированным. В подобных

случаях при заглатывании острых предметов может наступить перфорация пищевода, при длительной задержке – пролежень, медиастинит.

Ситуации в некоторых случаях ограничиваются наблюдением за пассажем кишечного содержимого, с помощью которого происходит продвижение инородного тела и обнаружение его в каловых массах. Для лучшего продвижения рекомендуется плотная пища, которая способствует проталкиванию проглоченного предмета.

Инородные тела пищеварительного тракта в период 60-х – 80-х годов представляли собой пуговицы, иглы, гвоздики, булавки, детали новогодних игрушек, кольца, куски непрожеванного мяса, овощей и фруктов, рыбные кости – это предметы которые находятся в среде обитания ребенка и доступны ему. Технический прогресс внёс изменения в состав проглоченных элементов – это магниты, батарейки которые дети выковыривают из игрушек китайского производства. Попадая в организм они ведут себя агрессивно: при распаде батареек возникают электрохимические повреждения, магниты способствуют сдавлению прилежащих петель кишечника, образуя пролежни их и перфорации.

В нашу больницу подобные пациенты стали поступать с 2011 года.

Таблица 1. Инородные тела пищеварительного тракта у детей (возраст 6 мес.- 5 лет)

Годы	2011	2012	2013	2014	Всего
	18	31	27	27	103
	7	16	100	63	186
	22	25	92	136	275
Всего	47	72	219	226	564

Приведённые в таблице данные свидетельствуют об увеличении количества больных с инородными телами пищеварительного тракта с 47 до 564. Приводим некоторые случаи последних месяцев.

Мальчик 4-х лет открутил пластинку-магнит от весов и проглотил её, почувствовал боль за грудиной, усиливавшуюся при глотании, слюнотечение. Через 10 часов обратился в стационар, на обзорной рентгенограмме выявлено инородное тело в нижнем отделе пищевода. Под эндотрахеальным наркозом магнит извлечен (рис.1). Течение заболевания благоприятное.

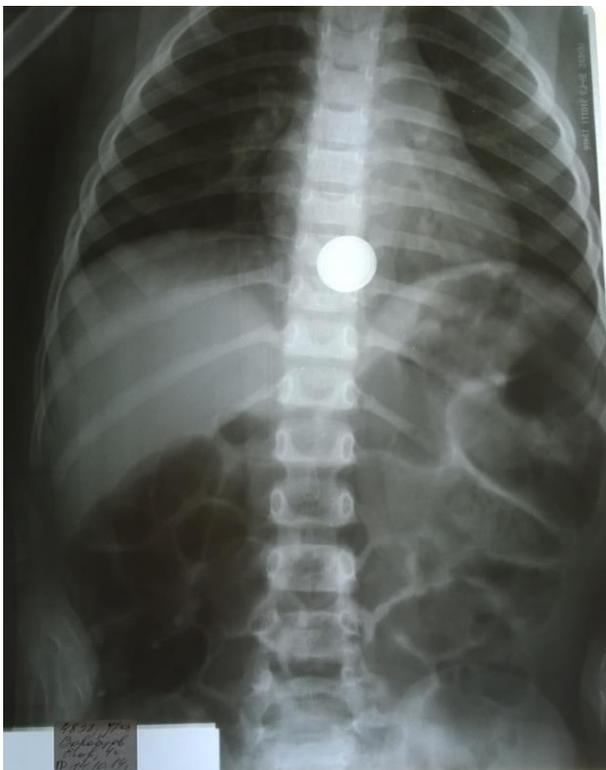


Рис. 1. На рентгенограмме: инородное тело пищевода - магнит.

После извлечения видны краевые разрушения пластины, полученные в пищеводе.

Мальчик 5 лет проглотил игрушечную машинку. Обратился через 6 часов. Клинические проявления отсутствовали. На рентгенограмме в проекции желудка определяется нечеткая тень (рис.2).

При эндоскопии в желудке обнаружено инородное тело и с трудом извлечено. Последующее наблюдение протекало благополучно.



Рис. 2. Инородное тело желудка – на рентгенограмме слабо контурируется.
Предмет после извлечения.

Мальчик 4 лет. Диагноз: инородные тела желудочно-кишечного тракта. Поступил через 4 суток. Проглотил 9 магнитов.

Диагноз: Множественные перфорации тонкой кишки. Разлитой каловый перитонит. Инфекционно-токсический шок.

В анамнезе указания на возможность проглатывания инородных тел. Срединная лапаротомия, выявлены множественные перфорации кишечника, извлечено 9 магнитов из свободной брюшной полости. Послеоперационный период протекал тяжело с клиникой абдоминального сепсиса. Выписан на 38 сутки с энтероцекустомой. Через 4 месяца проведена реконструктивная операция.

Девочка 2 лет. Поступила через сутки после появления болей в животе. Мама связала появление болей с пропажей магнитиков из игрушки. Инородные тела обнаружены на рентгенограмме и извлечены частично эндоскопически, частично при лапаротомии и гастротомии (рис.3). Послеоперационный период протекал без осложнений. Выписана на 13 сутки.





Рис. 3. Множественные магниты в желудке и их извлечение. Извлечено 79 магнитов

Учитывая множество возможных инородных тел попадающих в пищеварительный тракт у детей при их заглатывании, затруднения при их извлечении и возможные осложнения, необходимо неотложное целенаправленное обследование пациентов, поступающих с подозрением на их проглатывание, и незамедлительные мероприятия для оказания помощи.

Список литературы:

1. Давыдов М.И. Инородные тела желудочно-кишечного тракта и брюшной полости: автореф дис.канд. м.наук. Пермь 1996.-25 с.
2. Соколов В.Ю., Ионов Д.В., Донской И.О. Диагностика и лечение детей с магнитными телами желудочно-кишечного тракта. / Детская хир, 2013.- №5.-С.107-110.

Гиперлептинемия в патогенезе воспаления жировой ткани при метаболическом синдроме

Осихов И.А., Беспалова И.Д., Рязанцева Н.В., Новицкий В.В., Мурашев Б.Ю.*

Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск, Россия

**Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, Россия*

Проблема метаболического синдрома (МС) как симптомокомплекса факторов риска развития и дальнейшего течения ряда социально значимых заболеваний стала актуальной в последнее время [2, 3, 5]. В качестве главного и обязательного компонента, по мнению ряда авторов, можно рассматривать абдоминальное ожирение. Одним из процессов, объединяющих абдоминальное ожирение и инсулинорезистентность, является хроническое субклиническое воспаление. Воспалительный процесс существенным образом оказывает влияние на метаболическую и секреторную функции жировой ткани [15]. Результаты исследований последних лет показали, что жировая ткань секретирует целый ряд активных молекул – адипокинов, влияющих на метаболические процессы, на развитие оксидативного стресса, на нарушения со стороны сердечно-сосудистой системы, т. е. обладающих эндокринным, паракринным и аутокринным действием [1, 8, 9, 12].

Среди адипокинов, секретируемых жировой тканью, наиболее изученным является лептин. Лептин – многофункциональный гормон жировой ткани, продуцируемый адипоцитами пропорционально массе жировой ткани. Основным эффектом лептина является подавление аппетита и контроль за расходом энергии в организме [6,7]. Многофункциональность лептина, а также нарушение его физиологического действия при МС, может быть одним из ведущих

триггерных факторов в нарушении метаболизма липидов и развития ожирения у больных с МС [4, 10, 13]. Доказано, что при МС и ожирении происходит развитие гиперлептинемии и лептинорезистентности, а гиперлептинемия в свою очередь участвует в механизмах артериальной гипертензии и инсулинорезистентности у тучных людей [11, 14].

Цель исследования: Изучить роль гиперлептинемии в патогенезе воспаления жировой ткани при метаболическом синдроме.

Материал и методы: В исследовании приняли участие 27 пациентов лица женского пола. Первую группу (1) составили пациенты (n=10) с нормативным уровнем лептина в сыворотке крови (для женщин $\leq 27,6$ нг/мл), вторую группу (2) – с гиперлептинемией (n=17) в сочетании с МС, диагностированным согласно критериям Всероссийского научного общества кардиологов. Все пациенты, принявшие участие в исследовании, подписали информированное согласие. Для оценки степени ожирения были проведены измерения следующих антропометрических параметров: массы тела (кг), роста (см), окружности талии (ОТ, см), окружности бедер (ОБ, см), сагиттального абдоминального диаметра (СД, см), индекса массы тела (ИМТ ($\text{кг}/\text{м}^2$)), индекса ОТ/ОБ, объема общей жировой ткани (ООЖТ, л), объема подкожной жировой ткани (ОПЖТ, л) и объема висцеральной жировой ткани (ОВЖТ, л). На автоматическом биохимическом анализаторе закрытого типа HORIBA ABX Pentra 400 (Франция) в сыворотке крови определялись следующие биохимические показатели: глюкоза, общий холестерол (ОХС), липопротеины низкой плотности (ЛПНП). Концентрация лептина в нг/мл, неоптерина в нмоль/л и инсулина в мкМЕД/мл определялась в сыворотке крови с помощью иммуноферментного анализа, используя сэндвич-метод (ELISA) согласно рекомендации производителя тест-системы для каждого гормона. Для диагностики инсулинорезистентности использовался индекс НОМА-IR.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась с применением пакета программ STATISTICA 10.0 (StatSoft, Inc., USA). Количественные данные представлены в виде медианы, 25-го и 75-го перцентилей – Me (LQ;UQ). Проверка нормальности распределения производилась методом Шапиро-Уилка. В связи с отсутствием нормального распределения при сравнении средних групповых количественных признаков применялся тест Манна-Уитни (U-тест). Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$. Для оценки статистической взаимосвязи между показателями вычисляли коэффициент ранговой корреляции Спирмена (r).

Результаты и обсуждение: Для оценки роли гиперлептинемии в патогенезе воспаления жировой ткани при МС определялась концентрация в сыворотке крови лептина, как специфического адипокина жировой ткани и маркера МС, характеризующего степень ее гормональной активности и отличающаяся большим числом взаимосвязей с компонентами МС. В связи с этим взаимосвязь морфометрических характеристик жировой ткани с клинико-метаболическими параметрами, изучалась в группах пациентов с МС, выделенных по степени гиперлептинемии. При этом учитывалось, что пациенты обеих групп существенно не различались по большинству изучаемых нами клинико-лабораторных показателей. Для этого было проведено построение корреляционной матрицы, которая включала с одной стороны морфометрические показатели жировой ткани, с другой - все клинико-лабораторные маркеры МС. Следует отметить, что из всех изучаемых нами морфометрических параметров только значение ряда переменных диаметра адипоцитов и степени инфилтративных изменений жировой ткани были взаимосвязаны с компонентами МС (табл. 1, 2).

Таблица 1. Статистически значимые ($p < 0,05$) корреляционные взаимосвязи (r) морфометрических характеристик жировой ткани и клинико-лабораторных симптомов МС у пациентов без гиперлептинемии (n=10)

Показатели	М, мкм	Me, мкм	SD, мкм	Max, мкм	ОП, $\text{мм}^3/\text{мм}^3$ инфилтратов	Количество инфилтратов в 1 мм^2
Масса тела, кг	0,820	0,854	-	0,820	-	-
ИМТ, $\text{кг}/\text{м}^2$	-	-	-	-	-0,778	-0,867
ОТ, см	-	-	-	-	-	-
ОБ, см	-	-	-	0,681	-	-
ОТ/ОБ	-	-	-	-	-	-
СД, см	-	-	-	-	-	-0,707
ООЖТ, л	0,683	-	-	0,767	-	-0,767
ОВЖТ, л	-	-	-	-	-	-0,707

ОПЖТ, л	-	0,667	-	0,733	-	-0,767
Глюкоза, ммоль/л	-	-	-	0,711	-	-0,703
ОХС, ммоль/л	-	-	-	-	-	-
ЛПНП, ммоль/л	-	-	-	-	-	-
Лептин, нг/мл	-	-	0,683	-	-	-
Неоптерин, нмоль/л	-	-	-	-	-	-
Инсулин, мкМЕД/мл	-	-	0,633	-	-	-
НОМА-IR	-	-	0,683	-	-	-

Примечание: ОП – объемная плотность, М – среднее арифметическое, Ме – медиана, SD – стандартное отклонение. (-) – отсутствие статистически значимой взаимосвязи, ИМТ – индекс массы тела, ОТ – окружность талии, ОБ – окружность бедер, СД – сагиттальный диаметр, ООЖТ – общий объем жировой ткани, ОВЖТ – объем висцеральной жировой ткани, ООПЖ – объем подкожной жировой ткани, ОХС – общий холестерол, ЛПНП – липопротеины низкой плотности, НОМА-IR (Homeostasis Model Assessment of Insulin Resistance) – гомеостатическая модель для оценки резистентности к инсулину.

Таблица 2. Статистически значимые ($p < 0,05$) корреляционные взаимосвязи (r) морфометрических характеристик жировой ткани и клинико-лабораторных симптомов МС у пациентов с гиперлептинемией ($n=17$)

Показатели	М, мкм	Ме, мкм	SD, мкм	Мах, мкм	ОП, мм ³ /мм ³ инфильтратов	Количество инфильтратов в 1 мм ²
Масса тела, кг	-	-	-	-	0,764	-
ИМТ, кг/м ²	-	-	-	-	0,729	-
ОТ, см	-	-	0,758	-	0,721	-
ОБ, см	0,674	-	-	-	-	-
ОТ/ОБ	-	-	0,587	-	-	-
СД, см	-	-	0,614	0,589	-	-
ООЖТ, л	-	-	-	-	0,747	-
ОВЖТ, л	-	-	0,614	0,589	-	-
ОПЖТ, л	-	-	-	-	0,824	-
Глюкоза, ммоль/л	-	-	-	-	-	-
ОХС, ммоль/л	-	-	-	0,622	-	-
ЛПНП, ммоль/л	-	-	-	0,727	-	-
Лептин, нг/мл	-	-	-	-	-	-
Неоптерин, нмоль/л	-	-	-	-	0,651	0,643
Инсулин, мкМЕД/мл	-	-	0,599	-	-	-
НОМА-IR	-	-	0,671	-	-	-

Примечание: ОП – объемная плотность, М – среднее арифметическое, Ме – медиана, SD – стандартное отклонение. (-) – отсутствие статистически значимой взаимосвязи, ИМТ – индекс массы тела, ОТ – окружность талии, ОБ – окружность бедер, СД – сагиттальный диаметр, ООЖТ – общий объем жировой ткани, ОВЖТ – объем висцеральной жировой ткани, ООПЖ – объем подкожной жировой ткани, ОХС – общий холестерол, ЛПНП – липопротеины низкой плотности, НОМА-IR (Homeostasis Model Assessment of Insulin Resistance) – гомеостатическая модель для оценки резистентности к инсулину.

При сопоставлении корреляционных матриц обеих групп обратило на себя внимание 2 принципиальных различия:

1. У пациентов 1-й группы диаметр адипоцитов имел прямую взаимосвязь с антропометрическими показателями периферического ожирения (ОБ, ООЖТ, ОПЖТ), тогда как у пациентов 2-й группы – наоборот, с признаками абдоминального ожирения (ОТ, ОТ/ОБ, СД, ОВЖТ).
2. У пациентов 1-й группы обнаружена обратная взаимосвязь между степенью инфильтративных изменений и клинико-лабораторными показателями МС, а у пациентов 2-й группы, напротив, обнаружены прямые сильные взаимосвязи морфометрических показателей, характеризующих инфильтрацию в жировой ткани и компонентов МС, включая концентрацию

неоптерина в сыворотке крови, рассматриваемого, в качестве неспецифического маркера системного воспаления.

Заключение: При развитии МС происходит дисбаланс адипокинов, одним из проявлений этого нарушения является гиперлептинемия. Обнаруженные корреляционные взаимосвязи между концентрациями лептина и клинико-лабораторными показателями МС подтверждают участие данного адипокина в механизмах развития МС. Для установления патогенетической роли гиперлептинемии в патогенезе воспаления жировой ткани при МС требуется дополнительное исследование.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (номер соглашения № 8601), Российского фонда фундаментальных исследований (договор № 13-04-01225 А) и Совета по грантам Президента Российской Федерации № НШ-4184.2014.7.

Список литературы:

1. Ковалева О.Н. Адипокины: биологические, патофизиологические и метаболические эффекты // Внутренняя медицина. – 2009. - № 3(15) – С. 7-15.
2. Кондаков И.К. К проблеме патогенеза метаболического синдрома. Жировая ткань и маркеры острой фазы воспаления // Артериальная гипертензия. – 2009. - № 3(5). – С. 39-42.
3. Маколкин В. И. Метаболический синдром // М.: Медицинское информационное агентство, 2010. - 144 с.
4. Меняйлова Н.Н., Сундукова Е.Л., Ровда Ю.И. Гиперлептинемия и ее клинико-метаболические ассоциации при синдроме инсулинорезистентности у детей и подростков // Педиатрия. – 2009. – Т. 88. - №6. – С. 1-13.
5. Alshehri A.A. Metabolic syndrome and cardiovascular risk // J. Family Community Med. – 2010. – Vol. 17(2). – P. 73-78.
6. Beitowski J. Leptin and atherosclerosis // Atherosclerosis. – 2006. – № 189. – P. 47-60.
7. Falcao-Pires I., Castro-Chaves P., Miranda-Silva D. et al. Physiological, pathological and potential therapeutic roles of adipokines // Drug Discovery Today. – 2012. – Vol. 17. – P. 880-889.
8. Galic S., Oakhill J.S., Steinberg G.R. Adipose tissue as an endocrine organ // Molecular and Cellular Endocrinology. – 2010. – Vol. 316. – P. 129-139.
9. Ikedika D. Adipose tissue, inflammation and cardiovascular disease // Rev. Assoc. Med. Bras. – 2010. – Vol. 56(1). – P. 116-121.
10. Leon-Cabrera S., Solis-Lozano L., Suarez-Alvarez K. et al. Hyperleptinemia is associated with parameters of low-grade systemic inflammation and metabolic dysfunction in obese human beings // Frontiers in Integrative Neuroscience. – 2013. – Vol 62. – No. 7. – P. – 1-7.
11. Makki K. Adipose tissue in obesity-related inflammation and insulin resistance: cells, cytokines and chemokines // Inflammation. – 2013. – Vol. 1156. – P. 111-118.
12. Mattu H.S. Role of adipokines in cardiovascular disease / H.S. Mattu, H.S. Randeve // Journal of Endocrinology. – 2013. – Vol. 216. – P. 17-36.
13. Maury E. Adipokine dysregulation adipose tissue inflammation and metabolic syndrome // Molecular and Cellular Endocrinology. - 2010. – Vol. 314. – P. 1-16.
14. Mottillo S., Filion K.B., Genest J. et al. Metabolic syndrome and cardiovascular risk: a system review and metaanalysis // J. Am. Coll. Cardiol. – 2010. – Vol. 56. – No. 14. – P. 1113-1132.
15. Rasouli N., Kern P.A. Adipocytokines and the Metabolic Complications of Obesity // J. Clin. Endocrinol. Metab. – 2008. – Vol. 93. – P. 64-73.

Состояние желчевыводящих путей и некоторые показатели местного иммунитета у детей с описторхозной инвазией, больных вирусным гепатитом А

Помогаева А.П.

ГБОУ ВПО Сибирский государственный медицинский университет МЗ РФ, г. Томск, Россия

Актуальность. Качество жизни детей зависит от состояния здоровья. Кроме биологических факторов на состояние здоровья влияют экологические, климато-географические и другие факторы. Томск и Томская область представляют крупнейший в мире природный очаг описторхоза. Пораженность населения этим гельминтом зависит как от места проживания (наличие реки Оби и ее притоков), так и от возраста заболевших, длительности проживания в

эндемичном районе. Пребывания в зоне промышленно-ядерного комплекса также оказывает существенное влияние на состояние здоровья населения.

Цель работы – определить состояние желчевыводящих путей и некоторые показатели местного иммунитета у детей с описторхозной инвазией (ОИ), больных вирусным гепатитом А (ВГА).

Обследованы больные ВГА с ОИ в острый период болезни и в катанезе на протяжении 12 мес. Группа сравнения – больные «чистым» ВГА аналогичного возраста и степени тяжести. Использовали методы: анамнестический, эпидемиологический, клинический, гематологический, биохимический, копроовоскопический, серологический, иммунологический, по показаниям – инструментальный. Верификация диагноза ВГА осуществлялась методом ИФА (обнаружение IgM к вирусу гепатита А). Другие вирусные гепатиты также исключались по результатам исследования маркеров вирусов методом ИФА. Диагноз описторхозной инвазии, ее степени устанавливался по результатам копроовоскопического исследования и/или по результатам исследования желчи.

Статистическая обработка проведена с использованием параметрических и непараметрических методов вариационной статистики.

Состояние желчевыводящих путей и некоторые показатели местного иммунитета изучали у 74 больных ВГА на фоне ОИ в возрасте от 3-х до 14 лет. Среди обследованных больных преобладали дети 8-14 лет – 40 человек (54,0%). Легкая форма ВГА регистрировалась у 52 (70,3%), среднетяжелая – у 22 (29,7%) больных. ОИ проявлялась у 20 (27,0%) детей клинически выраженной формой, а у 54 (73,0%) – стертой. Последняя определялась преимущественно у детей до 7 лет. Слабая степень инвазии наблюдалась у 69 (93,2%), средняя – у 5 (6,8%). Установить длительность инвазии у больных микст патологией не представлялась возможным, так как у детей она может длительно протекать латентно [1].

Фракционное дуоденальное зондирование проводилось как в период ранней реконвалесценции (конец 1 мес.), так и позднее (второе полугодие). Следует отметить, что у больных ВГА с ОИ однократное зондирование проведено 49 детям, двухкратное – 21, трехкратное – 4 (табл.1). Необходимость повторного зондирования обуславливалось либо неполучением желчи вообще, либо получением одной, редко двух порций. Всего проведено 103 исследования. Нам не удалось обнаружить какую-либо зависимость между получением всех порций желчи и временным фактором. При анализе результатов дуоденального зондирования найдены все 4 типа дискенизий: гипертонический, гипотонический, гиперкинетический и гипокинетический.

Таблица 1 Результаты фракционного дуоденального зондирования у детей, перенесших ВГА на фоне описторхозной инвазии, проживавших в г. Томске (абс. числа)

Количество порций желчи	Время зондирования мес. от начала ВГА						Всего
	1	2	3	4-6	7-9	10-12	
Все порции	11	17	11	15	2	6	62
Нет порции А	-	-	1	-	-	-	1
Нет порции В	-	-	-	-	-	-	-
Нет порции С	2	-	2	1	1	-	6
Нет порции В и С	7	3	1	4	1	2	18
Желчь не получена	-	1	2	2	-	-	5
Всего детей	20	21	17	22	4	8	74

Примечание: в таблице не представлены результаты зондирования детей после дегельминтизации.

Чаще всего регистрировались дуоденоспазм, гипертония сфинктеров желчных путей и повышенный тонус пузырного протока и желчного пузыря. При микроскопии желчи у больных микст патологией часто обнаруживались в значительном количестве лейкоциты, эпителиальные клетки, осадочные образования (кристаллы билирубината кальция, холестерина, солей желчных кислот), а также песок. Все это свидетельствует о нарушении метаболизма желчи. Помимо нарушения тонуса и моторики желчных путей, метаболизма желчи у больных выявлялись изменения воспалительного характера. Симптомы воспаления (клинические, параклинические) наблюдались как в период ранней, так и поздней реконвалесценции. У больных клинически выраженной формой ОИ эти изменения были больше, чем при стертой.

У части обследованных в порции В определяли секреторный (С) ИГА и мурамидазу. У детей концентрация СИГА в первые 3 мес. от начала болезни колебалась от 0,13 до 4,0 мг/мл

против $0,49 \pm 0,07$ мг/мл у здоровых детей Западной Сибири [2]. Однако у детей, перенесших легкую форму, преобладало повышение этого показателя, в то время как у перенесших среднетяжелую форму, наоборот, снижение его. К исходу 12 мес. у перенесших легкую форму микстпатологии уровень СИГА достигал таковой у здоровых или превышал его, а у перенесших среднетяжелую форму устанавливалось и повышение и снижение СИГА. Следовательно, содержание СИГА в порции В у детей в периоде реконвалесценции было как повышенным, так и сниженным. Э.А. Кашуба [2] обнаружил в период ранней реконвалесценции лишь тенденцию к снижению уровня СИГА в порции В у детей с ОИ до $0,40 \pm 0,11$ мг/мл. Содержание мурамидазы по нашим данным в период наблюдения у обследованных детей независимо от тяжести болезни было нормальным или повышенным и колебалось от 60,0 до 80,0 ед. против $62,1 \pm 1,9$ ед. в контроле [3]. У детей с «чистой» ОИ наблюдается снижение уровня мурамидазы в порции В до $28,1 \pm 1,54\%$ (120), в то время как с «чистым» ВГА – нормальное или повышенное до 80,0 ед. (наши исследования).

Установить зависимость между содержанием СИГА, мурамидазы в порции В, состоянием желчевыводящих путей, течением периода реконвалесценции у обследованных детей не удалось вследствие трудностей систематического получения у них желчи.

Таким образом, у детей с ОИ в периоде реконвалесценции ВГА определяются нарушение тонуса и моторной функции желчевыводящих путей, сочетающихся с изменениями воспалительного характера и большими колебаниями концентрации СИГА и мурамидазы в порции В.

При подведении итога комплексного изучения клиники и показателей местного иммунитета у детей, больных ВГА на фоне ОИ, всех возрастных групп наблюдается дефицит продукции важного фактора неспецифической резистентности – лизоцима, а у перенесших ВГА детей от 4 до 14 лет – изменение содержания секреторного ИГА в желчи.

Сопутствующий описторхоз создает благоприятные условия для поражения гепатобилиарной системы вирусом гепатита А. К сожалению работ, отражающих частоту возникновения и тяжесть ВГА у детей с ОИ, в доступной литературе мы не встретили.

Естественно возникает вопрос каковы патогенетические механизмы развития инфекционного процесса у детей при ВГА, протекающего на фоне ОИ, приводящие к клинико-биохимическим особенностям, указанным выше. При этом необходимо выделить, по крайней мере, две группы факторов. Первая из них включает в себя прямые и косвенные моменты, связанные с локальным воздействием описторхов на гепатобилиарную систему (воспалительные процессы, дискенизии, нарушение экскреторных функций органо-комплекса «печень-дуодenum-панкреас»). Вторая – иммунологическая несостоятельность органов или (и) тканей. Это проявлялось как повышением, так и снижением содержания секреторного ИГА в порции В у детей, больных микстпатологией, в первые 3 мес. от начала болезни. Однако у больных легкой формой преобладало повышение этого показателя, в то время как у больных среднетяжелой формой, наоборот, снижение его. К исходу 12 мес. у перенесших легкую форму ВГА с ОИ уровень секреторного ИГА достигал таковой у здоровых или превышал его, а у перенесших среднетяжелую форму устанавливалось и снижение и повышение его количества. При этом концентрация лизоцима в желчи в период наблюдения у обследованных детей независимо от тяжести была нормальной или повышенной. Изменение показателей местного иммунитета у реконвалесцентов микстпатологии сочеталось с нарушением тонуса, моторной функции желчевыводящих путей и симптомами воспаления (клиническими, параклиническими) как в период ранней, так и поздней реконвалесценции. Определенный вклад в развитие сочетанной патологии ВГА с ОИ внесло пребывание в зоне Сибирского химического комбината, оказывающего существенное воздействие на экологию территории г. Томска.

Список литературы:

1. Мельников В.И. Влияние возраста на клинические проявления описторхоза при первичном заражении. / Вопросы патогенеза, клиники диагностики описторхоза. – Ленинград. – 1982. – 82-85 с.
2. Кашуба Э.А. Роль дестабилизации клеточных мембран в патогенезе, клинических проявлениях и исходах инфекционных и паразитарных заболеваний у детей. / Автореф. дисс... д-р. мед. наук. – Москва. – 1986. – 47 с.
3. Сметанин А.Л. Клинико-функциональная характеристика поражений печени и желчевыводящих путей и патогенетическое обоснование корректирующей терапии в восстановительном периоде вирусного гепатита у детей. / Автореф. дисс... канд. мед. наук. – Свердловск. – 1987. – 21 с.

Состояние пищеварительной системы у детей, проживающих в разных экологических зонах*Матковская Т.В., Чекчеева В.Д., Герасимова Е.А.**ГБОУ Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск, Россия*

Представлены результаты клинико-лабораторного обследования 98 детей школьного возраста, проживающих в районе радиационно-химического следа после аварии на промышленно-ядерном комплексе и 59 школьников контрольной группы, 45 детей основной группы, госпитализированных в стационар и 30 детей - контрольной. Дети из радиационно-химического следа имели отличительные особенности клинико-лабораторных проявлений на выбросы плутониевого производства и особенности поражения желудочно-кишечного тракта. К особенностям относится частая встречаемость, сочетанность заболеваний пищеварительной системы и количества сопутствующих заболеваний по сравнению с детьми из экологически благоприятных районов. Лабораторно-инструментальные исследования показали понижение гемоглобина, лейкоцитов, моноцитов, и повышение лимфоцитов и эозинофилов, повышение уровня непрямого билирубина, холестерина, общего белка, щелочной фосфатазы и умеренно сниженное содержание кальция у детей основной группы. Снижение кислотообразующей функции желудка отмечались у них при желудочном зондировании, эрозивные изменения в желудке и двенадцатиперстной кишке – при эзофагогастроскопии.

Ключевые слова: пищеварительная система, дети, радиационное загрязнение

Актуальность. В результате аварии на радиохимическом заводе плутониевого производства в апреле 1993г. загрязнено 120 км² территории с суммарной активностью 500-900 Ки. Выброшено в атмосферу 250м³ радиоактивных и химических веществ. Всего было 36 инцидентов на этом производстве. Население получило низкоинтенсивные дозы внешнего и внутреннего облучения в сочетании с действием выброшенных в атмосферу химических веществ [1,2, 3]. В Томском районе еще до аварии наблюдалась высокая детская смертность[6]. Не только последний выброс радиоактивно-химических веществ, но и предыдущие 36 внесли вклад в состояние здоровья детей. Заболеваемость детей и подростков после аварии в зоне радиационно-химического загрязнения имеет отчетливую тенденцию к увеличению. Известно, что малые дозы радиации с длительным сроком воздействия вызывают более значительные соматические изменения в организме, чем та же доза, полученная за короткий срок. Радиационные эффекты малых доз у детей не изучены, отсутствуют маркеры радиационного поражения малыми дозами. Неспецифичность и полиморфизм их проявлений затрудняют диагностику [4,5]. Воздействие выбросов плутониевого производства на пищеварительную систему детей не описано в литературе, что затрудняет диагностику влияния на детей этих выбросов.

Цель работы: Установить клинические проявления влияния выбросов плутониевого производства и особенности течения заболеваний пищеварительной системы у детей, проживающих на территории радиационно-химического следа.

Материалы и методы. Дети были разделены на 2 группы: основная – 98 детей, проживающих в радиационно-химическом следе после аварии в апреле 1993г. и контрольная группа 59 детей, проживающие вне следа аварии, в 50 км от места аварии.

Населению было сообщено об аварии на радиохимическом заводе плутониевого производства только на 3 день, поэтому мер предосторожности не было проведено. В течение первых 3-х дней дети жаловались на резкую слабость, боли в сердце, боли в животе у некоторых была рвота. Был приглашен кардиолог. При обследовании школьников и на электрокардиограммах у них, обследованных на 4-6 день после аварии, особых отклонений со стороны сердечно-сосудистой системы найдено не было. В дальнейшем у школьников нарастали явления со стороны желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), у большей части детей, усилилась рвота, появился жидкий стул. Был приглашен инфекционист и взяты бактериологические пробы кала. Бактериологические пробы кала были отрицательные. Эти симптомы у детей сохранялись, поэтому были приглашены сотрудники кафедры для выяснения причин изменений со стороны желудочно-кишечного тракта.

Данные исследования начаты через 5 мес. после аварии. Комплексное клинико-лабораторное исследование в динамике проведено у 98 детей основной группы в 1993-1997гг. Контрольная группа составила 59 детей. Проводилось общепринятое клиническое исследование. Непостоянные рвоты и жидкий стул продолжались у детей в течение года. Госпитализировано 67 детей. Этим детям проведено желудочное зондирование, эзофагогастроскопию, УЗИ щитовидной

железы, УЗИ брюшной полости, биохимическое исследование крови, 12 детям – тщательное обследование глаз (СибГМУ, проф.Т.И. Селицкая) Для сравнения клинического течения заболеваний желудочно-кишечного тракта проанализированы 30 историй болезни детей из экологически благоприятных районов.

Результаты. Наследственный анамнез у 56% детей характеризовался высокой частотой заболеваний желудочно-кишечного тракта, почек, сердечно-сосудистой системы, онкологической патологией среди родственников.

При обследовании детей в первый год после аварии жалобы на снижение памяти встречалось в 8,4 раза чаще, отставание в нервно-психическом развитии - в 23,5 раза, зябкость - в 6,6, боли в ногах - в 6 раз, быструю утомляемость – в 4,8, головокружение – в 3,3 раза, нарушение сна – в 3, головные боли – в 2, диспептические расстройства – в 2, боли в сердце – в 1,6, боли в животе – 1,2 раза чаще в основной группе, чем в контрольной. Два ребенка умерли за первый год после аварии.

Основная жалоба была на снижение памяти. Дети 4 класса не могли выучить четверостишие « У лукоморья дуб зеленый» в течение одного урока. Дети уставали, укладывали голову на парту. При обследовании детей врачами НИИ психического здоровья выделили классы с задержкой психического развития.

Физическое развитие школьников было проанализировано при помощи линейного дискриминантного анализа трехмерных наблюдений по критерию Хотеллинга по значениям массы, длины тела, окружности груди. Во всех возрастных группах эти показатели были достоверно ниже у детей основной группы.

Таблица 1. Симптомы и синдромы у детей после аварии

Показатели	Основная группа		Контрольная группа	
	Число детей	%	Число детей	%
Бледность, синева под глазами	44	44,9	13	22
Мраморность кожи	9	9,2	-	-
Гипергидроз дистальный	68	69,4	20	33,9
Избыток подкож. клетчатки	-	-	8	13,6
Нарушение осанки	54	55,1	20	33,9
Кариозные зубы	33	33,7	16	27,1
Снижение физического развития	37	38,0	3	5,1
Задержка нервно-психич развития	23	23,5	-	-
Отставание полового созревания	19	19,4	2	3,39
Увеличение лимфатических узлов	65	66,3	36	61
Гипертрофия небных миндалин	71	72,4	30	50,9
Хронический фарингит	71	72,4	4	6,8
Увеличение щитовидной железы	91	93,2	27	46
Приглушенность сердечных тонов	35	35,7	11	18
Систолический шум	47	48	13	22
Болезненность в эпигастрии	54	55,1	14	23,7
Увеличение печени	36	36,7	4	6,8
Наличие пузырных симптомов	41	41,8	17	28,8
Положительный симптом «поколачивания»	9	9,2	3	5

Предполагали преимущественное влияние на детей фосфорных выбросов в атмосферу при аварии. Выделенные симптомы, синдромы и хронические заболевания (табл1) могут быть клиническими маркерами поражения детей малыми дозами радиоактивно-химических выбросов и длительно проживающих на территории с радиусом влияния ПЯК.

Врачам очень трудно, при незнании качества выброшенных веществ атмосферу и отсутствие литературы по данным вопросам у детей ставить диагноз и лечить детей.

Госпитализировано в стационар 67 детей, из них у 45 основным диагнозом было поражение желудочно-кишечного тракта. При анализе истории болезней с этими поражениями было выяснено, что наиболее часто встречались у детей жалобы на головную боль, головокружение, длительную тошноту и рвоту, потерю аппетита и боли в животе, жидкий стул.

Средняя продолжительность госпитализации составило 21 койко-дней в основной группе, а в контрольной группе – 10 дней.

Объективные исследования по системам показали, что кроме изменений со стороны органов пищеварительной системы у детей из радиационно - химического следа, так же чаще встречались изменения со стороны других систем и органов: ЛОР органов, щитовидной железы, желчного пузыря Отклонения со стороны сердечно-сосудистой системы, ЦНС, почек, кожи, глаз наблюдались только у детей основной группы. Общий анализ крови выявил часто встречающиеся понижение гемоглобина, лейкоцитов, моноцитов, и повышение лимфоцитов и эозинофилов. В общих анализах мочи отмечалось повышение плоского эпителия. В биохимических анализах крови найдено повышение уровня непрямого билирубина, холестерина, общего белка, щелочной фосфатазы и умеренно сниженное содержание кальция.

При желудочном зондировании у 10 (22,2%) детей основной группы выявлено снижение кислотообразующей функции желудка, у 2 (4,4%) – повышение. При дуоденальном зондировании у 23(51,1)% детей определялся спазм сфинктера Одди. Гастродуоденоскопия показала у большинства детей эрозивные изменения в желудке и двенадцатиперстной кишке.

Ультразвуковое обследование определило увеличение щитовидной железы у 40 % детей, аномалии мочевыводящих путей – у 4,4%, нефроптоз 1-2 ст – у 2,2%, аномалии желчного пузыря – у 26,6%, дискинезию желчевыводящих путей – у 4,4% и опущение органов брюшной полости – у 4,4% .

Диагноз гастродуоденита встречался у 53,3% детей, гастрита или дуоденита – у 33,3%, увеличение щитовидной железы – у 40%, хронического тонзиллита – у 60%, энцефалопатии смешанного генеза и ВСД по смешанному типу – у 26,6%, хронический холецистит – у 20%, аномалии желчного пузыря – у 26,6%, энтеробиоз – у 40%, ангиопатии сетчатки – у 13,3%, конъюнктивиты – у 35,5%, подозрения на катаракту – у 4,4%. Встречаемость сочетанных и сопутствующих заболеваний чаще отмечалось у детей основной группы ($p < 0,05$).

Таким образом, дети радиационно-химического следа имели отличительные особенности клинико-лабораторных проявлений на выбросы плутониевого производства и особенности поражения желудочно-кишечного тракта. К особенностям относится частая встречаемость, сочетанность заболеваний пищеварительной системы и количества сопутствующих заболеваний, по сравнению с детьми экологически чистых районов. Лабораторно-инструментальные исследования показали понижение гемоглобина, лейкоцитов, моноцитов, и повышение лимфоцитов и эозинофилов, снижение повышение уровня непрямого билирубина, холестерина, общего белка, щелочной фосфатазы и умеренно сниженное содержание кальция у детей основной группы. Снижение кислотообразующей функции желудка отмечались у них при желудочном зондировании, эрозивные изменения в желудке и двенадцатиперстной кишке – при эзофагогастроскопии.

Список литературы:

1. Радиационная экогенетика Томской области / Н.Н.Ильинских, В.В. Новицкий, А.М.Адам и др./ Изд-во Госкомитета экологии и природных ресурсов Томской области, 1995.-80с.
2. Л.П.Рихванов Общие и региональные проблемы радиоэкологии / Л.П.Рихванов. - Томск: Изд-во ТПУ, 1997. - 384 с.
3. Сравнительная опасность энергетического и стандартного плутония-239 по нестохастическим эффектам /З.И. Калмыкова, Э.Р. Лобачевский, В.А. Чудин и др.//Радиационная Биология. Радиоэкология.-1996.-Т.36,Вып.1-С.94-103
4. Яковлева И.Н., Балева Л.С. Особенности иммунитета у лиц, подвергшихся воздействию малых доз ионизирующей радиации в детском возрасте.//Вопросы гематологии, онкологии и иммунопатологии в педиатрии.-2006-т5,№1.-С.22-31
5. Яблоков А.В. Миф о безопасности малых доз радиации. <<http://www.csqi.ru/qi/qi5/06.htm>>

Здоровье, частота встречаемости заболеваний детей и элементный состав волос жителей, проживающих в разных экологических зонах (предварительные данные)

Матковская Т.В., Барановская Н.В., Ямановская Е.А., Самарина С.В.

ГБОУ Сибирский государственный медицинский университет, Томск, Россия

Представлены результаты частоты выявленных заболеваний у 67 детей школьного возраста, проживающих в разных экологических районах (Республика Хакасия, Республика Тыва, Томская область). В Томской области у детей в зоне влияния СХК преобладают хронические холециститы, заболевания нервной системы, хронический тонзиллит и фарингит, увеличение щитовидной

железы, хронический пиелонефрит, цистит, задержка физического развития. В Республике Тыва у детей наиболее часто встречаются гастриты, дуодениты, ожирение, анемия. В Республике Хакасия чаще отмечается анемия и хронические гепатиты. Элементный состав волос различался у школьников различных регионов. Наибольшие накопления радиоактивных и сопутствующих ядерному циклу химических веществ больше накапливался у детей, проживающих в районе влияния СХК.

Ключевые слова: заболеваемость, дети, элементы волос.

В настоящее время мало изученным вопросом является влияние на организм ребенка сочетанных воздействий (радиоактивное, химическое и др.) окружающей среды. Известно, что малые дозы радиации с длительным сроком воздействия вызывают более значительные соматические изменения в организме, чем та же доза, полученная за короткий срок. Радиационные эффекты малых доз у детей не изучены, отсутствуют маркеры радиационного поражения малыми дозами. [1,2,3]. Анализа частоты встречаемости заболеваний у детей в различных регионах и их элементный состав волос у детей в литературе найдено не было.

Цель. Изучить частоту встречаемости заболеваний у детей в различных регионах и их элементный состав волос.

Материалы и методы. Проводилось общепринятое клиническое исследование у 65 детей проживающих в разных экологических регионах. Дети были разделены на 3 группы: 34 ребенка, проживавшие в Республике Тыва, 9 детей Республика Хакасия, 22 ребенка Томская область. Возраст детей колебался в пределах от 8 до 18 лет. Аналитические исследования волос проводились в современной лаборатории г. Томска методом инструментального нейтронно-активационного анализа.

Результаты. Анамнез антенатальный и постнатальный период у 65 детей Томского района был сопоставим. Выявлены следующие синдромы и заболевания у детей: хронические заболевания желудочно-кишечного тракта (гастрит, гастроуденит, дуоденит) - у 45 детей, хронические заболевания печени - у 23, хронический тонзиллит и фарингит – у 17, анемия – у 10 детей, хронические заболевания нервной системы – у 28 детей, нарушение полового созревания – у 3, увеличение щитовидной железы - 3, хронический пиелонефрит, цистит - у 9, задержка физического развития – у 2 детей. Заболевания у многих детей сочетались, наиболее часто у детей Томской области.

Чтобы показать, как часто встречается заболевания в различных экологических регионах в зависимости от преобладания тех или иных элементов в волосах, дети распределены, кроме проживания в разных экологических регионах, также по следующим заболеваниям: дети с хроническими заболеваниями желудочно-кишечного тракта, с хроническим тонзиллитом и фарингитом, с хроническими заболеваниями печени, с хроническими заболеваниями нервной системы, увеличением щитовидной железы, хроническим пиелонефритом, циститом.

Сравнительная характеристика частоты встречаемости заболеваний в отдельных регионах представлена в таблице 1.

Таблица 1. Частота встречаемости заболеваний у обследованных детей

Заболевания	Республика Тыва n=34	Республика Хакасия n=9	Томская область n=22
Хронический гастрит, дуоденит	28(82,3%)	4 (44,4%)	13 (58%)
Хронический холецистит	10(29,1%)	нет	9(40,9%)
Хронический гепатит	2(5,8%)	2(22,2%)	0
Анемия	8(23,5%)	2(22,2%)	0
Заболевания нервной системы	10(29,1%)	2(22,2%)	16(72,8%)
• энцефалопатии, нестабильность, шейного отдела позвоночника и др.	5(%)	1(11,1%)	8(36,4%)
• ВСД	4(11,7%)	1(11,1%)	4(18,2%)
• Синдром дефицита внимания	1(2,9%)	0	4(18,2%)
Хронический тонзиллит, фарингит	4(11,7%)	2(22,2%)	11(50,0%)
Ожирение	10(29,1%)	2(22,2%)	2(9,1%)
Увеличение щитовидной железы	0	0	3(13,6%)
Нарушение полового созревания	0	0	3(13,6%)
Хронический пиелонефрит цистит	1(2,9%)	1(11,1%)	7(31,8%)
Задержка физического развития	0	0	2(9,1%)

Как видно из таблицы 1, у детей Томской области преобладают хронические холециститы, заболевания нервной системы, хронический тонзиллит и фарингит, увеличение щитовидной железы, хронический пиелонефрит, цистит, задержка физического развития. В Республике Тыва у детей наиболее часто встречаются гастриты, дуодениты, ожирение, анемия. В Республике Хакассия чаще отмечается анемия и хронические гепатиты. Распределение школьников по группам здоровья было следующим: преобладала 2 «б» и 3-я группа здоровья во всех регионах, однако в 3 группа здоровья чаще отмечалось у детей Томской области. Изменения в состоянии здоровья могут быть связаны с изменением экологического состояния среды.

Исследование накопления элементов в волосах жителей (взрослых и детей) в регионах Томская область, Республика Хакассия, Республика Тыва показало различие в составе элементов.

Таблица 2. Характеристика накопления (по максимальным и минимальным значениям) в волосах жителей разных регионов

Регион	Содержание	Химические элементы
Томская область	максимальная	Ca, Cr, Fe, Br, Sm, Eu, Hf, Th, Sc
	минимальное	нет
Республика Хакассия	максимальная	Sr, Ba, Ce, Tb, Yb, Ta, Cs, U
	минимальное	Sc, As, Au, Tb
Республика Тыва	максимальная	Co, Ag
	минимальное	Zn, Rb

Примечание: выделенные элементы в максимальном количестве встречаются только в одном регионе.

Повышение Co в волосах жителей Республике Тыва указывает на проявления известной кобальтовой биогеохимической провинции.

В таблице 3 представлены данные накопления элементов в волосах детей.

Таблица 3. Элементный состав волос у детей Томской области

Территория	Биогеохимическая специфика
Томская область (СХК)	Th ₂₁ – Lu ₁₅ – Fe ₉ – Sc ₉ – Hf ₈ – Co ₆ – Cr _{5,8} – U _{5,6} – Br _{4,9} – Sm _{4,5} – La _{3,6} – Ce ₃ – Ca ₂ – Zn _{1,6} – Au _{1,4} – Rb _{1,2}
Томская область	Sm ₁₃ – La ₈ – Fe _{5,3} – Sc ₅ – Hf _{4,9} – Lu _{3,7} – U _{3,7} – Cr _{3,7} – Br _{3,2} – Co ₃ – Au _{2,2} – Th _{1,8} – Yb _{1,7} – Sb _{1,7} – Ag _{1,7} – Ca _{1,7} – Zn _{1,3} – Ce _{1,1} – Na _{0,8}

Примечание: выделенные элементы встречаются в 2-х и более тканях в количестве, превышающем фоновые значения для каждого типа техногенного воздействия. СХК – Сибирский химический комбинат, промышленно-ядерный комплекс.

Как видно из таблицы 3 наибольшие накопления радиоактивных и сопутствующих ядерному циклу химических веществ больше накапливается у детей, проживающих в районе влияния СХК

Таким образом, школьники, проживающие в разных экологических зонах имели различные заболевания и элементный состав волос. В Томской области у детей преобладают хронические холециститы, заболевания нервной системы, хронический тонзиллит и фарингит, увеличение щитовидной железы, хронический пиелонефрит, цистит, задержка физического развития. В Республике Тыва у детей наиболее часто встречаются гастриты, дуодениты, ожирение, анемия. В Республике Хакассия чаще отмечается анемия и хронические гепатиты. Дети, проживающие в различных регионах, имеют различный элементный состав волос. Наибольшие накопления радиоактивных и сопутствующих ядерному циклу химических веществ отмечается у детей, проживающих в районе влияния СХК.

Список литературы:

1. Особенности биологического действия малых доз облучения//Бурлакова Е.Б., Горбунова Н.В., Жижина Г.П. и др//<<http://www.csqi.ru/qi/qi5/07.htm>>
2. Яблоков А.В. Миф о безопасности малых доз радиации. <<http://www.csqi.ru/qi/qi5/06.htm>>

3. Яковлева И.Н., Балева Л.С. Особенности иммунитета у лиц, подвергшихся воздействию малых доз ионизирующей радиации в детском возрасте. // Вопросы гематологии, онкологии и иммунопатологии в педиатрии. - 2006-г, №1. - С.22-31.

Результаты клинического обследования лиц, подвергшихся воздействию малых доз ионизирующего излучения

*Тетенев Ф.Ф., Поровский Я.В., Бодрова Т.Н., Дубаков А.В., Месько П.Е.
Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск, Россия*

В настоящее время известным историческим фактом является то, что большинство крупномасштабных радиационных аварий, таких как санкционированный сброс в бассейне р. Теча (в период 1949–1952 гг.) жидких радиоактивных отходов производства атомного комбината «Маяк», термохимический взрыв (разрушение) емкости, содержащей жидкие радиоактивные отходы того же комбината в 1957 г., авария на четвертом энергоблоке Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 г., произошло на территории бывшего СССР. Накопленный в этой принципиально новой проблеме уникальный опыт исследований, особенно в период становления атомной индустрии в СССР в начале 50-х гг. XX в., способствовал развитию отечественной радиобиологии, радиационной медицины и радиэкологии.

В медицине длительно развивались преимущественно те направления, в которых изучались эффекты облучения в достаточно высоких дозах, приводящих к развитию острой или хронической лучевой болезни. Эффекты же малых доз излучения оценивали главным образом экстраполяцией результатов, полученных при облучении в больших дозах. При этом исходили из того, что характер и направленность эффектов малых доз радиации аналогичны действию облучения в больших дозах, но выражены слабее. Из предположения линейности зависимости «доза–эффект» следовало, что эффекты должны быть чрезвычайно малыми или вообще не обнаруживаться.

Интерес к действию малых доз ионизирующего излучения (ИИ) резко вырос после Чернобыльской катастрофы, не имеющей аналогов в истории ядерной энергетики по количеству выброшенных в атмосферу радиоактивных веществ, числу людей, непосредственно вовлеченных в проведение аварийно-спасательных и дезактивационно-восстановительных работ на станции и в 30-километровой зоне.

Вполне объяснимо внимание исследователей к изучению последствий воздействия малых доз ИИ с позиции оценки вероятности развития стохастических эффектов (злокачественных новообразований и генетических дефектов у потомков облученных лиц), поскольку именно эти заболевания представляют непосредственную угрозу жизни. Однако это далеко не все проявления радиационного воздействия низкой интенсивности, что подтверждает анализ отечественной и зарубежной литературы по данному вопросу.

В ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) принимали участие около 200 тыс. человек, проживающих в различных регионах страны [1]. В зависимости от полученной лучевой нагрузки выделяют две основные группы ликвидаторов аварии на ЧАЭС. Первая (относительно немногочисленная) – лица, участвовавшие в проведении аварийно-восстановительных работ на аварийном энергоблоке в первые сутки, недели после аварии и получившие острую лучевую болезнь разной степени тяжести. Вторая (основная по численности) группа – лица приписного состава, командированные, работавшие в различное время после аварии в зонах повышенной радиации на протяжении нескольких недель или месяцев. Эту группу лиц относят к ликвидаторам последствий аварии (ЛПА), они получили облучение в так называемых малых дозах. У лиц второй группы в последующем развилась своеобразная клиническая картина, проявляющаяся многообразием внутренней соматической патологии [2].

Наличие в большинстве случаев более или менее длительного латентного периода заболевания не позволяет однозначно связать развитие патологии у ЛПА на ЧАЭС непосредственно или исключительно с воздействием ионизирующей радиации. В связи с этим возникшие у них заболевания рассматривают в большей степени с разнообразными нерадиационными воздействиями (эмоциональный стресс и т.д.), обусловленными технологической спецификой ликвидационных мероприятий и экстремальными условиями, в которых осуществлялась работа. Сформировавшееся представление о доминирующем влиянии на состояние здоровья ЛПА на ЧАЭС комплекса факторов снизило внимание к определению роли самого облучения [3].

Ряд известных специалистов отмечают, что для решения этого вопроса необходим новый уровень исследований с внедрением более чувствительных, специальных клиничко-функциональных методов обследования ЛПА на ЧАЭС используемых в клинической практике, подбор адекватных контрольных групп, изучение теоретических вопросов действия малых доз ИИ [2,4].

К настоящему времени накопились новые фактические данные, прежде всего, в таких дисциплинах, как радиобиология, радиационная биохимия, клеточная и молекулярная биология, обеспечивающие понимание механизмов патологического действия малых доз ИИ, их повреждающее действие воспроизведено в ряде экспериментальных исследований, что дает теоретическую основу для изменения ранее сложившегося представления в отношении эффектов малых доз ИИ. Клинические наблюдения и экспериментальные данные все сильнее привлекают внимание исследователей к лучевой патологии тканей с медленным обновлением клеточного состава, прежде всего, к эндотелию, важному элементу сосудов и основному структурному компоненту гемомикроциркуляторного русла (МЦР), который неотвественный за непосредственный исход лучевого поражения, считается радиорезистентным, однако включается в постлучевые патологические процессы, обнаруживая изменения, отличающиеся поздним проявлением [5,6].

Изучению здоровья ЛПА на ЧАЭС посвящено впечатляющее количество клинических исследований. При его оценке имеет первостепенное значение, чтобы современный синтетический клинический диагноз, кроме этиологического, функционального, симптоматического содержал морфологический компонент – клеточную основу патологии, который является важнейшим и часто определяющим.

Анализ результатов клинических исследований, проведенных по данной проблеме, свидетельствует об отсутствии таких работ, где были бы изучены и обобщены все перечисленные компоненты, а влияние нерадиационных факторов (заболеваний, психоэмоционального стресса, курения, злоупотребления алкоголем и др.) на изучаемые параметры преодолено единственно возможным, используемым в клинической медицине способом, созданием соответствующих групп сравнения (пациенты с перечисленными факторами, не подвергавшиеся облучению) и контроля (здоровые лица, не подвергавшиеся облучению), включением в исследование практически здоровых работников атомного производства, где эти факторы сведены к минимуму.

Для изучения заболеваний внутренних органов у лиц, подвергшихся воздействию малых доз ИИ в период с 1996 по 2002 г. в клинике внутренних болезней СибГМУ были обследованы 117 ЛПА на ЧАЭС и 24 работника исследовательского ядерного реактора типового (ИРТ).

Группу ЛПА на ЧАЭС составили мужчины в возрасте от 28 до 61 года (в среднем $43,1 \pm 0,7$ года), которые с июня 1986 г., в 1987 и 1988 гг. выполняли в течение 0,5–4,5 месяцев (в среднем $3,1 \pm 0,9$ месяца) разную по характеру (деактивация, уборка территории, строительство, администрирование) и месту проведения (в помещении, на технике, на открытой местности) работу в 30-километровой зоне ЧАЭС. В 1986 г. в ликвидации последствий аварии участвовали 59 представителей данной группы, в 1987 г. – 40 и 1988 г. – 18. Паспортизированная поглощенная доза относительно кратковременного внешнего γ -излучения составляла от 50,0 до 270,0 мГр (в среднем $163,06 \pm 9,54$ мГр), у 4 ЛПА была неизвестной.

Всем ЛПА на ЧАЭС проведено общеклиническое обследование, исследование иммунного статуса, показателей оксидантно-прооксидантной системы, по показаниям специальные методы исследования (лучевые, функции внешнего дыхания, эндоскопические, нейрофизиологические, клеточного состава костного мозга).

У 49 человек диагностировано заболевание легких и состояние предболезни (ХОБЛ, хронический бронхит, безусловные курильщики табака), 61 – заболевание сердечно-сосудистой системы (ИБС, гипертоническая болезнь, соматоформная вегетативная дисфункция сердца и сердечно-сосудистой системы), 61 – заболевание органов пищеварения: у 7 в виде основного заболевания (язвенная болезнь желудка и ДПК), у 54 – в качестве сопутствующей патологии (хронический гастрит с эрозиями, дуоденит, хронический холецистит).

У 14 ЛПА на ЧАЭС с атипичной стенокардией выявлена микроваскулярная форма ИБС, они прошли обследование в ФГБУ НИИ кардиологии СО РАМН, включающее велоэргометрию, селективную коронарографию и вентрикулокардиографию с биопсией миокарда правого желудочка. При обследовании 81 ЛПА на ЧАЭС в ФГБУ НИИ психического здоровья СО РАМН диагностированы непсихотические психические расстройства: в 36 случаях органическое астеническое расстройство, в 24 – органическое аффективное, в 17 – органическое расстройство личности, в 4 случаях – органическое тревожное расстройство.

Группу ИРТ составили профессиональные работники ядерного реактора – 20 мужчин и 4 женщины в возрасте от 31 до 57 лет (средний возраст $47,1 \pm 1,4$ года), которые подвергались внешнему γ -излучению в диапазоне предельно допустимых доз в соответствии с нормами радиационной безопасности (НРБ-79/87), существовавшими до 2000 г. Производственный стаж на момент исследования в данной группе составил от 8 до 27 лет (в среднем $17,6 \pm 1,6$ лет), суммарные дозы от 24,25 до 279,97 мГр (в среднем $78,93 \pm 11,84$ мГр). Все включенные работники ИРТ были практически здоровыми лицами, имели индивидуальные дозиметрические данные и медицинские карты диспансерного наблюдения. В 2 случаях у них был диагностирован хронический холецистит, в 2 – хронический гастрит, в 1 – гипертоническая болезнь, в 1 случае хронический бронхит, у 18 – остеохондроз позвоночника самостоятельно или в сочетании с патологией ЛОР-органов и органов зрения (хронический ларингит, хронический фарингит, легкая степень тугоухости, нетяжелая миопия).

Однократное исследование периферической крови проведено 24 работникам, четырем лицам по амбулаторным картам проведен анализ показателей периферической крови в динамике за весь период работы и исследован клеточный состав костного мозга через 11 -22 года после начала профессиональной деятельности.

МЦР исследовано в биоптате кожно-мышечного лоскута из области голени у 36 ЛПА на ЧАЭС и у 7 работников ИРТ. Одновременно биопсия из области голени и плеча выполнена у 5 ЛПА на ЧАЭС. Все пациенты, в соответствии с Хельсинкской декларацией по правам человека, подписали информированное согласие на проведение исследования.

Группы сравнения состояла из мужчин аналогичного возраста, без дополнительного облучения сверх радиационного фона, сопоставимая с ЛПА на ЧАЭС по основным заболеваниям, поведенческим и биологическим факторам риска. Контрольные группы состояли из здоровых лиц, не подвергавшихся облучению, сопоставимых с ЛПА на ЧАЭС и пациентами группы сравнения по полу и возрасту. В качестве морфологического контроля исследовано МЦР из области голени у 16 здоровых лиц, погибших вследствие острых травм.

В результате проведенного обследования ЛПА на ЧАЭС и работников ИРТ установлено [7-11]:

1. • ЛПА на ЧАЭС с заболеванием органов дыхания и безусловные курильщики табака имеют большую выраженность одышки при нормальных интегральных показателях вентиляционной функции легких (ЖЕЛ, ОФВ₁). У них чаще выявляются увеличение минутного объема дыхания, эластической фракции работы дыхания, снижение статической растяжимости легких, повышение тканевого трения на выдохе, снижение мембранного компонента диффузионной способности легких и апикально-базального коэффициента перфузии за счет периваскулярного фиброза и гипервентиляционный синдром;

• ЛПА на ЧАЭС с заболеванием сердечно-сосудистой системы характеризуются высокой частотой развития атипичной стенокардии, усилением парасимпатической автономной регуляции сердца и нарушением его диастолической функции. При атипичной стенокардии с неизменными коронарными артериями по данным селективной коронарографии, в артериолах и капиллярах биоптатов миокарда правого желудочка выявлены морфологические признаки микроваскулярной формы ишемической болезни сердца;

• ЛПА на ЧАЭС с заболеваниями органов пищеварения имеют большую частоту хронического поверхностного гастрита с «полными» эрозиями в антральном отделе.

Для ЛПА на ЧАЭС характерны высокий уровень психоэмоционального напряжения и частота непсихотических психических расстройств органического регистра, изменение неврологического статуса в виде рассеянной симптоматики с преобладанием цефалгического, вестибуло-атактического, астенического синдромов и сенсорной полиневропатии, наличие функциональных и морфологических признаков изменения нервных проводников миелинового типа.

2. У ЛПА на ЧАЭС и работников ИРТ выявляются изменения в системе крови: увеличение количества лимфоцитов и моноцитов при динамическом исследовании, признаки «раздражения» костного мозга. При максимальной экспозицией ИИ установлено снижение количества сегментоядерных нейтрофилов, полихроматофильных нормоцитов в миелограмме и развитие в периферической крови анемии, ретикулоцитоза, нейтропении.

3. В отсутствие клинических проявлений у ЛПА на ЧАЭС выявлены отдельные лабораторные признаки иммунной недостаточности. Общей направленностью изменений было снижение поглотительной способности нейтрофилов и повышение уровня циркулирующих

иммунных комплексов, свидетельствующее о развитии функциональной недостаточности моноцитарно-макрофагальной системы, нарушении ее клиренсовой функции.

4. В кожно-мышечных биоптатах ЛПА на ЧАЭС выявлены патологические изменения сосудов МЦР в виде васкулопатии и продуктивного васкулита разной степени выраженности, с конечными воспалительными изменениями в большинстве из них – склероза сосудистой стенки, периваскулярного склероза и облитерации сосудов. Изменения сосудов МЦР в биоптатах из области голени и плеча, миокарда правого желудочка свидетельствуют об их генерализованном повреждении. Продуктивный васкулит сосудов МЦР выявляется у всех исследованных работников ядерного реактора.

5. Степень выраженности продуктивного васкулита у ЛПА на ЧАЭС была больше при максимальной поглощенной дозе облучения (200-270 мГр), участвовавших в восстановительных работах в 1986 году, выполнявших дезактивацию, уборку территории и длительно (3,1-4,5 мес.) находившихся в 30 км зоне АЭС. В группе работников ИРТ воспалительные изменения сосудов МЦР нарастали при увеличении суммарных доз облучения.

6. У ЛПА на ЧАЭС и работников ИРТ в сыворотке крови установлен дисбаланс показателей оксидант-антиоксидантной системы, изменение функции плазматических мембран.

Научная новизна проведенной работы заключается в том, что патологическое действие малых доз ИИ у ЛПА на ЧАЭС и работников ИРТ состоит в генерализованном, различной степени выраженности повреждении МЦР от васкулопатии до продуктивного васкулита, доказанного результатами исследования биоптатов кожно-мышечного лоскута из различных участков тела (голени, плеча), биопсией миокарда правого желудочка. Воспаление сосудов МЦР протекает латентно, в отсутствие внешних изменений кожи, выявляется при гистологическом исследовании. Высказана и обоснована гипотеза, что генерализованное поражение сосудов МЦР у ЛПА на ЧАЭС приводит к нарушению гемопоза индуцирующего микроокружения регуляции кроветворения с изменением в системе крови; как и в периферической нервной системе, вызывает повреждение глиального компонента вегетативного и центрального отделов нервной системы обуславливая сопряженное развитие нервно-психических расстройств; аналогичные изменения в сосудах МЦР приводят к клинико-функциональным особенностям заболеваний внутренних органов. При поражении малыми дозами ИИ уровень здоровья будет определяться состоянием системной микроциркуляции, преимущественным нарушением микроциркуляторных модулей (структурно-функциональных единиц) организма, обуславливающих снижение компенсаторно-приспособительных (адаптационных) регионарных резервов микроциркуляции.

Сопоставление клинических проявлений у ЛПА на ЧАЭС и работников ИРТ показывает, что причина в их различии может быть объяснена развитием у ликвидаторов преимущественно конечно воспалительных структурных изменений сосудов МЦР – склероза сосудистой стенки и периваскулярного пространства, их облитерацией, с распространенным вовлечением сосудов дермы и мышечного слоя. Более существенная степень повреждения МЦР у ликвидаторов, вероятно, связана с большей мощностью дозы ИИ, наличием дополнительных факторов риска повреждения сосудов (табакокурение, злоупотребление алкоголем и др.) потенцирующих (аддитивно или мультипликативно) действие ИИ, приводя к значительному снижению функционального резерва МЦР в органах и системах. В выполненной работе сделан шаг в преодолении действующей парадигмы связывать действие ИИ только с поражением системы крови – системы с активной пролиферативной формой репаративной регенерации.

Выдвинутая концепция патоморфоза соматических заболеваний при воздействии малых доз ИИ может претендовать на роль теории – кандидата на новую парадигму, или роль теории, расширяющей рамки существующей парадигмы, свидетельствуя, что в основе клинико-функциональных особенностей заболеваний внутренних органов лежит генерализованный, различной степени выраженности продуктивный васкулит сосудов микроциркуляторного русла.

Практическое значение работы свидетельствует, что для первичной профилактики нарушений МЦР необходим дальнейший поиск эффективных средств защиты и радиопротекции. Основное значение для вторичной профилактики микроциркуляторных нарушений у этого контингента лиц, имеют меры направленные на устранение поведенческих факторов риска, исключении дополнительных профессиональных вредностей (например, воздействия вибрации, электромагнитных волн), строго обоснованное применение лучевых методов диагностики в медицинских целях.

Результаты проведенного исследования показали, что воздействие малыми дозами ИИ нельзя считать малозначительными для здоровья человека. Генерализованное изменение МЦР при этом, с нашей точки зрения, можно отнести к проявлениям латентной лучевой болезни микроциркуляторного русла. Установленные факты служат основанием для дальнейшего исследования тканей с медленным темпом репаративной регенерации, изучения резервных возможностей

микроциркуляторного русла, разработки лечения в условиях длительного облучения и поиска более надежных способов защиты.

Список литературы:

1. Аклеев А.В., Шалаганов С.А. Опыт экспертизы состояния здоровья граждан, подвергшихся радиационному воздействию // Мед. радиология и радиац. безопасность. – 2011. – № 1. – С. 11–17.
2. Алексанин С.С. Закономерности формирования соматической патологии в отдаленном периоде после аварии на Чернобыльской АЭС и опыт оказания адресной медицинской помощи ликвидаторам после аварии // Мед. биол. проблемы жизнедеятельности. – 2010. – № 1(3). – С. 128–134.
3. Никифоров А.М. Медицинские последствия аварии на Чернобыльской АЭС // Вестн. СПбГМА. им. И.И. Мечникова. – 2005. – № 1. – С. 229–231.
4. Бурлакова Е.Б., Степанов Р.П., Кирик О.В. Итоги фундаментальных исследований за 25 лет со дня аварии на Чернобыльской АЭС // Радиационная биология. Радиационная экология. – 2011. – № 1. – С. 5–6.
5. Конопляников А.Г. Молекулярные и клеточные механизмы поздних лучевых повреждений // Радиационная биология. Радиационная экология. – 1997. – С. 621–628.
6. Бычкова И.Б. Некоторые новые аспекты проблемы радиочувствительности малообновляющихся тканей // Мед. радиология и радиац. безопасность. – 2003. – № 6. – С. 5–17.
7. Кузнецова О.В., Дубаков А.В., Поровский Я.В., Тетенов Ф.Ф. Вентиляционная функция легких у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС // Сиб. мед. журн. – 2003. – № 3. – С. 13–16.
8. Поровский Я.В., Рыжов А.И., Тетенов Ф.Ф. Отдаленные морфофункциональные изменения в коже ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС // Радиационная биология. Радиационная экология. – 2005. – № 1. – С. 86–90.
9. Поровский Я.В., Лебедева Л.В., Бодрова Т.Н., Тетенов Ф.Ф. Регионарная перфузия легких у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС // Сиб. мед. журн. – Иркутск, 2006. – № 9. – С. 31–33.
10. Способ диагностики латентной лучевой болезни. Пат. 2414707. Рос. Федерация; МПК G0133/48 / Я. В. Поровский, Ф.Ф. Тетенов, А.И. Рыжов, Е.В. Калянов, Д.А. Шкатов – № 2009146498/15; заявл. 14.12.2009; опубл. 20.03.2011. Бюл. № 8. – 2 с.
11. Поровский Я.В. Клинико-функциональные особенности заболеваний внутренних органов у лиц, подвергшихся воздействию малых доз ионизирующего излучения: дис. ... д-ра мед. наук. – Томск, 2014. – 292 с.

УДК 616.89-008.47/.48-053.2-092

Некоторые аспекты диагностики и лечения детей с синдромом дефицита внимания и гиперактивности

Самарина С.В., Помогаева А.П., Матковская Т.В.

*ГБОУ ВПО Сибирский государственный медицинский университет Минздрава России,
г. Томск, Россия*

В статье представлены некоторые особенности электроэнцефалографии, зрительных вызванных потенциалов и процессов восприятия у 216 детей с синдромом дефицита внимания и гиперактивности. Со стороны вспыхивающих зрительных потенциалов наблюдается значительное увеличение пиковых латентностей, преимущественно поздних компонентов, что не исключает наличие явлений демиелинизации в головном мозге и как следствие, нарушение (замедление) процессов обработки информации в коре головного мозга.

Определены основные подходы к комбинированному лечению синдрома дефицита внимания и гиперактивности, включающие коррекцию когнитивных и эмоциональных расстройств.

Ключевые слова: синдром дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ), электроэнцефалопатия (ЭЭГ), зрительные вызванные потенциалы (ЗВП), музыкотерапия, ноотропные препараты.

Согласно современным представлениям, синдром дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ) является одной из наиболее актуальных форм психоневрологической и педиатрической патологии среди детского населения [3,5,6,7]. Основопологающими факторами этих нарушений является наследственная предрасположенность, повреждение мозга в пре- и перинатальном периоде, в сочетании с действием неблагоприятных влияний внешней среды. В результате чего имеет место дисбаланс в созревании отдельных структур головного мозга. [3, 4]. Это нарушение проявляется комплексом клинических, психологических, электрофизиологических и биохимических изменений у детей Согласно результатам некоторых нейрофизиологических исследований [2, 4], биоэлектрическая активность головного мозга у детей с СДВГ характеризуется усилением θ - и δ -активности в передних зонах коры и уменьшением представленности в этих областях β - ритма.

Для коррекции когнитивных и эмоциональных расстройств у детей с СДВГ в России традиционно используют ноотропные препараты не только для улучшения умственной деятельности, внимания и памяти, но и для нормализации поведения, коррекции эмоциональных и поведенческих расстройств. [6, 7]. Развитию синестетического восприятия детей с СДВГ и коррекции эмоциональных состояний, двигательной активности способствует музыкотерапия. [8, 9].

Цель работы: Установить характерные изменения нейрофизиологических показателей у детей с СДВГ и уточнить роль когнитивной и музыкотерапии в аспекте комплексного подхода в лечении этих детей.

Материал и методы: Под наблюдением находилось 216 детей от 3 до 17 лет, из них $\frac{2}{3}$ мальчиков и $\frac{1}{3}$ девочек. Контрольную группу составили 38 детей идентичного возраста без психоневрологической симптоматики.

Критериями включения детей были признаки СДВГ по данным биологического и социального анамнеза, основанные на жалобах и клинических проявлениях в рамках «Диагностического руководства» (DSM-IV, 1994г.) в сочетании с данными опросника для родителей, согласно которому проводилась оценка степени невнимательности, импульсивности, гиперактивности у детей (J.Swanson, 1992г).

Критериями исключения было наличие нейроинфекции, эпилепсии, тяжелой логопедической патологии.

Все дети были обследованы неврологически. Состояние зрительных функций исследовалось совместно с офтальмологом и включало в себя определение остроты зрения, осмотр глазного дна. В то же время, проводилось электрофизиологическое исследование с использованием метода ВЗП, анализ биоэлектрической активности головного мозга в виде регистрации на электроэнцефалограмме (ЭЭГ). ЭЭГ и ВЗП регистрировались на компьютерном электроэнцефалографе «Нейрософт», в 16 отведениях, электроды накладывались по схеме «10-20», монополярно, с референтным электродом на мочке уха [2].

Изменения глазного дна в виде ангиопатии сетчатки по гипертоническому типу выявлено более чем в половине случаев (69,0%), у детей основной группы. В контрольной группе только у одного ребенка была выявлена ангиопатия сетчатки.

В группе практически здоровых детей, при визуальном анализе, биоэлектрическая активность головного мозга характеризовалась в большинстве случаев регулярной альфа-активностью, модулированной, либо слабомодулированной. Зональные различия чаще были сохранены, редко сглажены. Бета-активность наблюдалась средней и малой амплитуды в сочетании с небольшим количеством медленных волн, которые не превышали амплитудный уровень альфа-колебаний (табл. 1).

Таблица 1. Амплитудные характеристики ЭЭГ исследованных альфа и бета ритмов в исследуемых группах детей

Ритм ЭЭГ	Альфа-ритм		Бета- низкочастотный		Бета- высокочастотный		Тета-ритм		Дельта-ритм	
	А,мкВ контр.гр.	А,мкВ осн. гр.	А,мкВ контр.гр	А,мкВ осн.гр	А,мкВ контр.гр	А,мкВ осн.гр.	А,мкВ контр.гр.	А,мкВ осн.гр	А,мкВ контр.гр	А,мкВ осн.гр.
Fp1A1	33±4,4	29,0±4,1	14,5±3,8	15,1±4,0	20±5,1	15,1±4,0	16,5±4,3	17,5±5,1	15,5±4,5	13±3,5
Fp2A2	27,5±3,9	29,0±4,1	14,5±3,8	14,4±3,7	20±5,1	14,4±3,7	16,5±4,3	17±5,0	10±3,2	13,5±3,7
F3A1	35±4,6	34,9±4,6	14±3,6	17,7±4,6	22,5±5,4	17,7±4,6	17,5±5,1	21,5±5,1	15,5±4,4	15±4,3
F4A2	36,5±4,7	35,6±4,8	14±3,6	16,7±4,5	23±5,6	16,7±4,5	15±4,0	20,5±5,3	17,5±5,2	15±4,3

С3А1	55,5±8,0	43,1±6,5	14,5±3,8	19,4±5,1	24±5,6	19,4±5,1	15,5±4,2	21±5,2	15,5±4,1	14,5±3,9
С4А2	56±8,1	43,5±6,6	16±4,2	18,7±5,0	23±5,6	18,7±5,0	18,5±4,9	21±5,2	15±4,3	14±3,7
Р3А1	69,5±9,3	56,7±8,3	16±4,2	21,9±5,3	27±3,8	21,9±5,3	18,5±4,9	27±3,8	14,5±3,8	17,5±5,2
Р4А2	65±8,7	56,9±8,2	14,5±3,8	22,7±6,4	20,5±5,1	22,7±6,4	17±5,0	20,5±4,9	14,5±3,9	18,5±4,9
О1А1	92,5±12,7	51,8±7,8	26,5±3,6	20,3±5,2	21,5±5,3	20,3±5,2	17,5±5,1	21,5±5,1	13,5±3,5	20±5,1
О2А2	85,5±11,4	54,4±8,0	21,5±5,1	21,9±5,4	21±5,3	21,9±5,4	15±4,0	21±5,2	21±5,4	21,5±5,2
F7А1	21,5±5,1	27±3,8	14±3,6	15,7±4,1	18,5±5,0	15,7±4,1	15±4,0	17,5±5,1	19,5±5,3	19±5,2
F8А2	28,5±4,3	26,1±3,5	14,5±3,8	14,4±3,8	20±5,1	14,4±3,8	16,5±4,8	19,5±5,3	19,5±5,3	18,5±4,9
T3А1	43,5±6,3	34±4,2	16±4,2	17±5,0	20±5,1	17±5,0	14±3,6	20±5,5	19,5±5,3	17±5,0
T4А2	43,5±6,3	32,5±4,4	14±3,6	15,6±4,3	20±5,1	15,6±4,3	14,5±3,8	20±5,5	17±5,0	17,5±5,2
T5А1	32±4,3	35,5±4,6	12,5±2,8	15,7±4,3	16±4,2	15,7±4,3	16±4,4	16±4,5	19,5±5,3	19,5±5,3
T6А2	41±6,3	40±6,1	12,5±2,8	16,4±4,7	17,5±5,1	16,4±4,7	15,5±4,2	16,0±4,3	18±4,9	20,5±5,3

По данным визуального анализа, важным различием в ЭЭГ у детей в исследуемых группах, явилось изменение пространственной структуры альфа-ритма. Если в группе сравнения основной корковый ритм доминирует с акцентом в теменно-затылочной области, (Рис.1А), то у детей, основной группы, наблюдается тенденция к смещению фокуса активности в передне-центральные отделы (Рис.1Б), либо с локализацией четко в одном из полушарий (Рис.1В), что наглядно видно по результатам пространственного амплитудного картирования в группах.

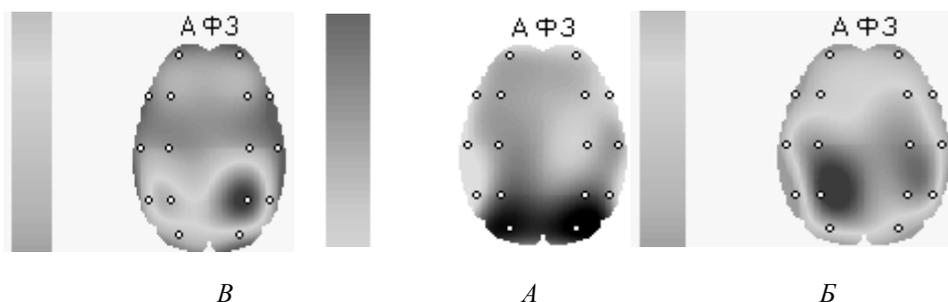


Рис.1. Результаты пространственного картирования амплитуд альфа-ритма детей группы сравнения (А) и детей с СДВГ (Б,В).

В контрольной группе детей, амплитуда альфа-колебаний в среднем на 18,8% выше, чем в группе сравнения. Сочетание выявленного снижения амплитуды и нарушение пространственного распределения по коре мозга, является следствием диффузного или локального поражения самой коры больших полушарий в комплексе с негрубым поражением ствола мозга. Подтверждением имеющейся корково-подкорковой дисфункции явилось обнаружение у 92% детей основной группы.

Количественные характеристики пиковых латентностей основных компонентов ВЗП представлены в таблице 2.

Таблица 2. Пиковые латентности ВЗП у исследуемых детей

Компо- ненты ВЗП	Левый глаз					Правый глаз				
	P1	N1	P2	N2	P3	P1	N1	P2	N2	P3
Дети основной группы	42,8± 7,9	69,1± 12,6	105,2± 12,5	146,9± 19,66	193,7± 20,1	46,9± 10,4	73,6± 10,6	104,8± 13,9	141,9± 26,3	184,5± 39,6
Дети контрольной группы	47,4± 4,5	68,6± 5,4	104± 9,2	125,6± 12,6	169,6± 20,8	46,3± 4,0	65,5± 5,3	104± 9,2	125,6± 12,6	169,6± 20,8

Анализ ВЗП показал, что наиболее значимо изменялись латентные периоды поздних компонентов - N2 и P3. В среднем, латентность компонента N2 в основной группе увеличивается на 16,96% в сравнении с контролем, а компонента P3 на 10,31% соответственно. Эта тенденция прослеживается при исследовании латентностей на стимуляцию как правого, так и левого глаза, изменения были практически симметричны.

С целью комплексного подхода в лечении детей с СДВГ проводилась музыкотерапия у 24 детей младшего школьного возраста. Статистическая обработка полученных результатов показала достоверность изменения показателей от прослушанной музыки, в тестах на устойчивость внимания ($t = -2,54$; $\eta = 23$; $p < 0,05$) и на переключаемость внимания ($t = -1,76$; $\eta = 23$; $p < 0,05$). В тесте на определение интенсивности внимания результаты не достоверны по критерию достоверности Стьюдента ($t = -1,67$; $\eta = 23$; $p > 0,05$). Коэффициент корреляции Брауэ – Пирсона (r) показал низкие значения между парами показателей до и после лечения во всех трёх тестах, что составило следующие показатели: устойчивость внимания – $r = 0,42$; интенсивность внимания – $r = 0,02$; переключаемость внимания – $r = 0,15$.

Проведен анализ ЭЭГ у 82 детей основной группы на фоне приема глиатиллина до и после лечения. На 14 -17 день отмечались положительные изменения в виде снижения и исчезновения неспецифической пароксизмальной активности ($p=0,002$), корково-подкорковых нарушений с достоверными показателями ($p<0,001$). Приведенные данные о влиянии глиатиллина показывают целесообразность приема препарата с нейротрофическим действием для коррекции ряда расстройств у детей с СДВГ.

Таким образом, у детей, с СДВГ обнаруживаются значительные изменения электрофизиологических показателей (ЭЭГ и ВЗП), в сравнении с группой сравнения. Отмечаются отклонения в биоэлектрической активности со снижением амплитуды альфа-активности и смещением фокуса в передне-центральные отделы, либо четко в одном из полушарий. Со стороны вспышечных зрительных потенциалов наблюдается значительное увеличение пиковых латентностей, преимущественно поздних компонентов, что не исключает наличие явлений демиелинизации в головном мозге и как следствие, замедление процессов обработки информации в коре головного мозга. Статистическая обработка полученных результатов по музыкотерапии выявила влияние музыки на основные критерии внимания, гиперактивности и поведения у детей с СДВГ. В рамках комплексной терапии детей с СДВГ можно рекомендовать глиатиллин с учетом выявленного положительного эффекта на нейрофизиологические показатели у этих детей.

Список литературы:

1. Гнездицкий В.В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике. Москва, «МЕДпресс-информ», 2003. 246 С.
2. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография с элементами эпилептологии/М., 2002, 368 с.
3. Заваденко Н.Н. Гиперактивность и дефицит внимания в детском возрасте. — М.: Издательский центр «Академия», 2005.
4. Евтушенко С.К., Омеляненко А.А. Клиническая электроэнцефалография у детей: Руководство для врачей. — Донецк, 2005.
5. Моница Г.Б., Лютова-Робертс Е.К., Чутко Л.С. Гиперактивные дети. Психолого-педагогическая коррекция. — СПб.: Речь, 2007.
6. Политика О.И. // Дети с синдромом дефицита внимания и гиперактивностью. /С-Пб,-2006. – 208 С.
7. Чутко Л.С. Детская поведенческая неврология. — Санкт-Петербург: Наука, 2009.
8. Гончаров А. Влияние темпо-ритмической структуры музыки на психофизиологическое состояние человека. http://www.yugzone.ru/brainmusic/articles/angelight_1.htm.
9. Рыжов Ю. Влияние темпо-ритмической структуры музыки на психофизиологическое состояние человека. http://www.yugzone.ru/brainmusic/articles/angelight_1.htm.
10. Гасанов Р.Ф. Формирование представления о синдроме дефицита внимания у детей // Современная психоневрология. — Санкт-Петербург, 2009.

Морфофункциональная характеристика клеток назального секрета детей с патологией адено tonsиллярной системы

*Фурманова Е.А., Пономарева Д.А., Нагаева Т.А., Басарева Н.И., Ильиных А.А.
ГБОУ ВПО Сибирский государственный медицинский университет Минздрава России,
г. Томск, Россия*

Актуальность. Согласно последним данным, среди часто болеющих детей (ЧБД) наблюдается рост числа пациентов с хроническими заболеваниями лимфоидной ткани носоглотки [1]. Высокой распространенности данной патологии у детей в значительной степени способствует не только высокий уровень заболеваемости ОРВИ, но и социально-экономические причины: ухудшение условий и качества жизни, проживание в экологически неблагоприятных регионах, нарушение адаптации организма к изменению и загрязнению окружающей среды [2]. Изучению состояния местных и системных нарушений иммунитета в группе ЧБД посвящены многочисленные работы [3–6]. Считается, что особенно важно оценивать состояние «первой линии» защиты носоглотки – слизистой оболочки верхних дыхательных путей, т.к. именно она определяет весь последующий «сценарий» развития воспалительного процесса и позволяет осуществлять раннюю диагностику, оценку активности воспалительного процесса и контроль эффективности проводимой терапии [7]. Весьма перспективным является исследование клеток назального секрета у ЧБД с патологией лимфоидной ткани носоглотки на разных уровнях ее развития [1,8].

Цель исследования: изучить цитологические особенности мазков-отпечатков слизистой оболочки носа у ЧБД с патологией адено tonsиллярной системы.

Материалы и методы. Было обследовано 85 часто болеющих детей, страдающих адено tonsиллярной патологией. В первую группу включено 40 детей с хронической патологией адено tonsиллярной системы, во вторую группу – 45 детей с гипертрофией лимфоидной ткани носоглотки. Контрольную группу составили 20 здоровых детей. Все дети относились к возрастной группе 4–6 лет и посещали дошкольные образовательные учреждения сроком более 1 года. Исследование проводилось в период реконвалесценции после перенесенного острого респираторного заболевания (дети 2-ой группы) или в период ремиссии после обострения хронического заболевания носоглотки (дети 1-ой группы) не ранее чем через 1 месяц.

Для оценки состояния местных факторов защиты у детей в исследуемых группах применяли метод мазков-отпечатков со слизистой оболочки полости носа по методу Матвеевой Л.А. (1993) [9]. В каждом мазке производили подсчет 200 клеток (нейтрофилов и клеток плоского эпителия) с определением 5-ти классов деструкции клеток (0, 1, 2, 3, 4, 5). Индекс деструкции клеток (ИДК), средний показатель деструкции (СПД), индекс цитолиза клеток (ИЦК) рассчитывали по формулам:

$$\begin{aligned} \text{ИДК} &= (n_1 + n_2 + n_3 + n_4) : 100; \\ \text{СПД} &= (1n_1 + 2n_2 + 3n_3 + 4n_4) : 100; \\ \text{ИЦК} &= n_4 : (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4), \end{aligned}$$

где 0, 1, 2, 3, 4 – номера классов деструкции, n_0, n_1, n_2, n_3, n_4 – количество клеток соответствующего класса.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью компьютерных программ «STATISTICA for Windows 6,0». Данные представлены в виде средней и ошибки средней ($\bar{X} \pm m$). Для статистического анализа были использованы методы непараметрической статистики (U-критерий Манна-Уитни).

Результаты и их обсуждение. В результате проведенного клинического и оторинологического исследования показано, что в структуре патологии адено tonsиллярной системы у детей первой группы преобладает хронический тонзиллит, выявленный у 17 (42,5%) детей; хронический аденоидит отмечается у 11 (27,5%) детей и 12 (30%) детей имеют сочетанную форму патологии. Во второй группе наблюдения выявлено 20 (45%) детей с гипертрофией аденоидов I–II степени, 12 (26%) детей – с гипертрофией небных миндалин I–II степени, 13 (29%) детей – со смешанной формой гипертрофии лимфоидной ткани.

При исследовании местных факторов защиты слизистой оболочки носа выявлено, что параметры, характеризующие количество и структуру нейтрофилов у детей с хроническими заболеваниями и гипертрофией лимфоидной ткани носоглотки, были достоверно выше ($p < 0,001$) по сравнению с аналогичными показателями детей контрольной группы (табл.1).

Таблица 1. Показатели назоцитогрaмм детей, $X \pm m$

Показатель	1 группа (n=40)	2 группа (n=45)	Контрольная группа (n=20)
СПД нейтрофилов	1,01±0,04 p ¹ <0,001 p ² <0,01	0,82±0,05 p ¹ <0,001	0,03±0,008
ИДК нейтрофилов	0,82±0,04 p ¹ <0,001 p ² <0,05	0,68±0,04 p ¹ <0,001	0,03±0,007
ИЦК нейтрофилов	0,09±0,009 p ¹ <0,001	0,07±0,009 p ¹ <0,001	0
СПД плоского эпителия	0,89±0,07 p ¹ <0,001	0,76±0,07 p ¹ <0,001	0,03±0,008
ИДК плоского эпителия	0,76±0,05 p ¹ <0,001	0,7±0,05 p ¹ <0,001	0,05±0,008
ИЦК плоского эпителия	0,06±0,004 p ¹ <0,001 p ² <0,05	0,04±0,004 p ¹ <0,001	0

Примечание: p¹ – достигнутый уровень значимости различия с контрольной группой,
p² – достигнутый уровень значимости в сравнении со 2 группой детей

Максимальные значения СПД нейтрофилов (1,01±0,04) регистрировались у детей 1 группы наблюдения, достоверно отличающиеся от значений данного показателя (p<0,01) пациентов с гипертрофией лимфоидной ткани. ИДК нейтрофилов (0,82±0,04) дошкольников 1 группы также достоверно (p<0,05) превышал аналогичный показатель детей 2 группы. Известно, что СПД и ИДК нейтрофилов отражают местную, преимущественно фагоцитарную их функцию, вступая в воспалительную реакцию при бактериальной обсеменности слизистых оболочек [9]. Высокие значения СПД и ИДК нейтрофилов у обследованных дошкольников, указывающие на повышение уровня деструкции данных клеток, свидетельствовали о сохранении активности воспалительного процесса в стадию клинической ремиссии.

Изучение количественных и качественных характеристик клеток плоского эпителия слизистой оболочки носоглотки ЧБД показало, что ИДК, ИЦК и СПД были достоверно выше (p<0,001) аналогичных показателей у здоровых детей. Деструктивные изменения клеток плоского эпителия по литературным данным, являются доказательством нарушения адсорбционных свойств эпителиального покрова слизистых оболочек дыхательных путей [4]. Сравнительный межгрупповой анализ ИДК и СПД плоского эпителия в мазках-отпечатках слизистого секрета носовой полости не выявил статистически значимых отличий между первой и второй группами наблюдения, что дает основание полагать о наличии выраженных структурных изменений клеток системы местной защиты слизистых оболочек верхних дыхательных путей у ЧБД уже на стадии гипертрофии миндалин. При этом обращал на себя внимание и тот факт, что значения ИЦК плоского эпителия у детей 1 группы были достоверно выше (p<0,05) по сравнению с таковыми у ЧБД с гипертрофией миндалин, подтверждая более выраженные изменения клеток дегенеративного характера у пациентов с хроническими заболеваниями носоглоточного кольца.

Выводы. Таким образом, при изучении морфофункциональных характеристик клеток назального секрета у ЧБД с патологией лимфоэпителиальной системы выявлены выраженные деструктивные изменения нейтрофилов и клеток плоского эпителия. Степень деструкции нейтрофилов увеличивалась по мере ухудшения состояния адено tonsиллярной системы, в то время как СПД плоского эпителия у детей с гипертрофией лимфоидной ткани носоглотки имел высокие значения, сопоставимые с таковыми у детей, страдающих хронической патологией лимфонозочного кольца. Выявленные цитологические особенности назального секрета свидетельствуют о сохранении активности воспалительного процесса в стадию клинической ремиссии, нарушении адсорбционных свойств эпителиального покрова слизистых оболочек дыхательных путей, способствуя снижению адаптационных резервов местного иммунитета.

Список литературы:

1. Рязанцев С.В., Тихомирова И.А. Хронические заболевания ЛОР-органов у детей: дифференцированные схемы лечения и профилактика обострений // Вопросы современной педиатрии. – 2009. – Т. 8. – №1. – С. 125– 129.

2. Чистякова В.Р. Ангина и хронический тонзиллит (аналитический обзор) // Вестник оториноларингологии. – 2012. – №1. – С.68–76.
3. Кильсенбаева Ф.А. Состояние местного иммунитета слизистых оболочек верхних дыхательных путей в норме и при воспалении: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Уфа, 2002. – 23 с.
4. Кондратьева Е.И., Матвеева Л.А., Шемякина Т.А., Логвиненко Ю.И. Неспецифическая профилактика ОРВИ и гриппа препаратом «Анаферон детский» у часто болеющих детей в эпидемический период // Мать и дитя в Кузбассе. – 2006. – № 2. – С. 24–28.
5. Михайленко Х.В., Коляда Т.И., Вдовиченко Н.И. и др. Изменения показателей уровня секреторного иммуноглобулина у больных с воспалительными процессами ВДП разной нозологии // Вестник проблем биологии и медицины. – 2013. – Т. 2. – №1 – С.137–139.
6. Плужников М.С., Лавренова Г.В. Хронический тонзиллит. Клиника и иммунологические аспекты. – СПб.: Диалог, 2010. – 224 с.
7. Арефьева Н.А., Азнабаева Л.Ф. Иммунные реакции слизистой оболочки носа: цитологическая диагностика, методы лечения // Consilium medicum. – 2009. – Т. 11. – №11. – С. 30–33.
8. Пальчун В.Т., Гуров А.В., Аксенова А.В., Гусева О.А. Современные представления о токсико-аллергических проявлениях хронической тонзиллярной патологии, его этиологическая и патогенетическая роль в возникновении и течении общих заболеваний // Вестник оториноларингологии. – 2012. – №2. – С. 5–13.
9. Матвеева Л.А. Местная защита респираторного тракта у детей. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1993. – 276 с.

Болевой абдоминальный синдром у детей, проживающих в условиях промышленного города

*Шалыгин В.А., Мельник Д.Д., Полковникова С.А., * Завадовская В.Д., Горленко Л.В.*

ГБОУ ВПО Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск, Россия

**ОГАУЗ Больница скорой медицинской помощи № 2, г. Томск, Россия*

При острых болях в животе нередко бывает необходимо дифференцировать острый аппендицит с гастроэнтерологической патологией[1,6]. Однако, несмотря на применение современных диагностических технологий, количество ошибочных диагнозов и неоправданных лапаротомий в неотложной абдоминальной хирургии детского возраста продолжает составлять 34-45%[1].

При распознавании острого аппендицита, по данным Ю.Ф. Исакова, А.Ф. Дронова[1], количество удаленных червеобразных отростков с неструктивными формами воспаления достигает 35-70%, что в свою очередь является причиной рецидивов болей в животе у 24 – 73% больных после таких операций. В современной хирургической клинике для диагностики острых заболеваний брюшной полости достаточно широко используется ультразвуковое исследование[1-4,6], а из инвазивных методов – лапароскопия[1,5].

Клиническая диагностика редко является предметом научных исследований, а между тем практический врач при проведении дифференциального диагноза зачастую располагает только клиническими симптомами заболевания. В качестве наиболее распространенного лабораторного теста в диагностике «острого живота» остается традиционное исследование лейкоцитарной формулы периферической крови. Однако показатели лейкограммы крови часто неадекватны степени воспаления и не могут служить достоверным критерием острого аппендицита. Поэтому цель настоящего исследования направлено на изучение клиники, дифференциальной диагностики острого аппендицита и выработку наиболее рациональных лабораторных и инструментальных методов.

Материал и методы

В хирургическом отделении клиники детской хирургии СибГМУ за 2010-2013 гг., находилось 2393 госпитализированных детей в возрасте от 2 до 15 лет, что составило 62,8% всех обратившихся в стационар в порядке неотложной помощи.

Проведён анализ клинических данных: поведение ребенка, характеристики сна, характер болевого синдрома и его локализация, наличие тошноты и рвоты, нарушение функции кишечника, активное и пассивное напряжение мышц передней брюшной стенки. А также локальная болезненность в правой подвздошной области и её усиление при пальпации (симптом Филатова), симптомы раздражения брюшины (Щёткина-Блюмберга, Ровзинга, Раздольского и т.д.).

При сопоставлении лабораторных показателей мы использовали данные контрольной группы, которую составили 45 соматически здоровых детей в возрасте 3-15 лет, находившихся в клинике по поводу неосложненных паховых и пупочных грыж. Обследование детей контрольной группы проводили в осенне-зимний период для исключения сезонной адаптации на состояние организма.

В настоящей работе были использованы производные лейкоцитарной реакции крови на воспаление – лейкоцитарный индекс интоксикации Я.Я. Кальф-Калифа (ЛИИ), соотношение сегментоядерных нейтрофилов к лимфоцитам (коэффициент Гаркави).

Ультразвуковое исследование (УЗИ) с целью проведения дифференциальной диагностики острого аппендицита в клинике стали использовать с 1997 года. Первичное ультразвуковое исследование пациентов проводили в сроки от нескольких часов до 2-3 сут от начала заболевания и в пределах от 0,5 до 1,5-2 ч с момента поступления в стационар. В случаях, когда клиническая оценка и первичное УЗИ брюшной полости были недостаточно ясными, необходим повторный осмотр пациента и ультразвуковое обследование через 1-1,5 часа.

Ультразвуковые исследования, проводимые в нашей клинике, были выполнены на аппарате MINDRAY M7 с использованием конвексного датчика частотой 5 МГц и линейного датчика 10 МГц. Первый использовался для проведения обзорного исследования, а линейный датчик – для получения детального изображения структур правой подвздошной области.

Аналитические исследования результатов проведены с помощью статистической системы SAS PS. Сравнение выборок осуществлено непараметрическим дисперсным анализом с помощью критерия Вилкоксона-Манна-Уитни. При интерпретации факторов во внимание принимали переменные с нагрузками более 0,05.

Результаты и обсуждение

Сравнительную оценку эффективности диагностики абдоминального болевого синдрома у детей мы изучали на протяжении 2-х периодов: 1-й (2010-2011 гг.), когда диагностика проходила по традиционному для многих хирургических клиник варианту, а во 2-й (2012-2013 гг.) стали использовать алгоритмический подход. Основное внимание в данном сообщении уделено отработке алгоритма в диагностике.

Из поступивших больных «для исключения острого аппендицита» в клиническую базу кафедры детской хирургии СибГМУ за 2010-2013 гг. были пациенты с заболеваниями, которые также сопровождаются абдоминальным болевым синдромом: функциональная абдоминальная боль /кишечная колика, синдром раздражённой кишки - 519, дискинезия желчевыводящих путей – 83, гастродуоденит - 36, пиелонефрит - 65, неспецифический мезоаденит – 14(табл.1).

Таблица 1. Результаты использования клинико-диагностического комплекса при абдоминальном болевом синдроме за 2010-2013 гг.

Заболевания	Период исследования			
	2010-2011 гг.		2012-2013 гг.	
	Возраст больных, лет		Возраст больных, лет	
	до 3-х	3-15	до 3-х	3-15
Острый аппендицит	4	703	17	579
из них:				
катаральный	1	225	4	41
флегмонозный	1	234	10	415
гангренозный	1	244	3	123
<u>Осложнённый</u>				
гнойным местным перитонитом	-	7	-	13
гнойным распространенным перитонитом	1	37	3	17
Мезоаденит	-	2	-	12
Пиелонефрит	-	19	5	41
Дискинезия желчевыводящих путей	-	21	5	57
Гастродуоденит	-	16	-	18
Синдром раздражённой кишки	-	250	-	267
Всего:	4	1011	30	1349

Анализ частоты проявлений отдельных клинических симптомов при каждой нозологической форме абдоминального синдрома – следующий шаг в дифференциальной диагностике.

В то время, когда у детей старшего возраста ведущее значение имели жалобы в правой подвздошной области, то у детей первых трех лет жизни прямых указаний на боли нами не было отмечено, и судить о наличии этого симптома можно лишь по ряду косвенных клинических признаков. По данным клинических проявлений заболевания, в 48% случаев родителями отмечено, что ребёнок становился малоконтактным, капризным. Подобное поведение больного свидетельствовало о наличии боли. Наиболее достоверным из симптомов было мышечное напряжение брюшной стенки, которое в 72% случаев свидетельствовало о деструктивном воспалении, против 16%, когда оно отмечалось у больных с неизменным червеобразным отростком. Локальная болезненность в правой подвздошной области лишь в 47% случаев встречалась при остром аппендиците. У 23% больных боль была обусловлена синдромом раздражённого кишечника (СРК), в 15% случаев - правостороннего пиелонефрита. Симптом Щеткина-Блюмберга в 54% случаев являлся проявлением деструктивного аппендицита, а локальная боль была у 18% пациентов при дискинезии желчевыводящих путей, у 23% при синдроме раздражённого кишечника, при пиелонефрите у 7% пациентов

Статистически значимой для диагностики острого аппендицита было лишь сочетание - напряжение мышц передней брюшной стенки, локальная болезненность и симптом Щёткина - Блюмберга ($P < 0,05$).

При катаральных формах число лейкоцитов в периферической крови было - $8,7 \pm 3,2 \times 10^9/\text{л}$, при деструктивных изменениях в отростке с наличием перитонита - $9,9 \pm 2,7 \times 10^9/\text{л}$. Таким образом, по данным наших наблюдений, количественный показатель числа лейкоцитов, был статистически незначимым ($P < 0,5$), для дифференциальной диагностики форм воспаления в червеобразном отростке

Дискриминантный анализ производных лейкоцитарной формулы на предмет дифференциально-диагностической точности при абдоминальном синдроме показал, что ЛИИ по Я.Я.Кальф-Калифу не может претендовать на приемлемую диагностическую точность.

УЗИ брюшной полости проводили без предварительной подготовки больного в положении на спине и при затруднении визуализации червеобразного отростка - на левом боку. В боковом положении особенно хорошо визуализируются ретроцекальные и ретроперитонеальные структуры, так как происходит смещение в медиальном направлении петель тонкой кишки, что уменьшает количество помех. Обязательным условием является дозированная компрессия датчиком на переднюю брюшную стенку, что позволяет сблизить стенки полых органов, выдавить из них газ и уменьшить количество артефактов, а также оценить эластичность осматриваемых структур. По данным УЗИ острый аппендицит был диагностирован у 1189 пациентов. Критериями за наличие воспалительного процесса в аппендикулярном отростке при УЗИ являлись: увеличение диаметра червеобразного отростка более 6,0 - 7, мм, и толщины его стенок, повышение контрастности структур отростка, неоднородное содержимое в просвете, отсутствие перистальтической активности, ригидность его при дозированной компрессии. Визуализация неизменного червеобразного отростка представляла собой сохранение диаметра и структурности его стенок. Незначительные отклонение от нормального диаметра - 6-7 мм и снижение эхогенности слизистого слоя при отсутствии его ригидности позволяло диагностировать катаральную формы аппендицита. При визуализации червеобразного отростка от 6 до 10-14 мм, снижение эхогенности стенки отростка, наличие гипозоногенного содержимого в просвете, а также обнаружение или нет свободной жидкости в брюшной полости - интраоперационно определялся флегмонозно-измененный червеобразный отросток. Гангренозная форма аппендицита при ультразвуковом сканировании характеризовалась большим диаметром червеобразного отростка, потерей структурности слоев, нарушение непрерывности его стенок, неоднородным содержимым в просвете. В брюшной полости практически во всех случаях визуализировалась свободная жидкость. У 1181 детей оперированных по поводу острого аппендицита, диагноз был подтвержден интраоперационно и при морфологическом исследовании. У 275 детей УЗ-данных за острый аппендицит получено не было, однако в этой группе был 1 ребенок, который, в связи с отрицательной динамикой клинических симптомов и лабораторных показателей, был оперирован. Интраоперационно, а затем и морфологически у него был верифицирован флегмонозный аппендицит.

УЗИ органов брюшной полости, проводили повторно, детям, у которых после оценки клинических симптомов и лабораторных тестов нельзя было исключить или подтвердить диагноз острого аппендицита (всего 288 пациентов).

Сегодня основным методом оперативной диагностики и аппендэктомии является лапароскопический, достоинства которого неоспоримы[1]. Диагностическая лапароскопия с последующей аппендэктомией является основным методом диагностики и лечения, который используется в нашей клинике у 75% больных. Морфологически формы воспаления удаленных аппендикулярных отростков были следующими: больные с катаральной формой острого аппендицита, составили 5,1%, с деструктивной, включающей флегмонозную - у 73,65% и гангренозную – 21,25%.

В зависимости от ведущего клинического симптома нами было выделены 3 основных варианта СРК:

1. вариант с преобладанием боли и метеоризма, более характерен для 114 детей, который дифференцировали с лактазной недостаточностью;
2. вариант с преобладанием запоров, более характерен для 246 детей старшего школьного возраста;
3. вариант с преобладанием диареи был диагностирован у 159 больных. При наличии диареи, детям проводили дифференциальную диагностику с целиакией, лямблиозом, острым инфекционным процессом. Для этого в дальнейшем проводили исследование в детском гастроэнтерологическом отделении: рентгенологическое обследование, эндоскопическое и копрологическое исследование, иммунологическое, включая посев кала на бактериальную флору, исследования на гельминты и простейших.

Эффективность предложенной последовательности диагностического обследования и лечения отражена в таблице 1.

Из таблицы 1 следует, что число поступивших больных с явлениями абдоминального болевого синдрома за период 2012-2013 гг. возросло на 35,9%(365 пациентов). Из числа обратившихся в стационар в период 2010-2011 гг. были оперированы 69% пациентов, тогда как в период 2012-2013 гг. – 43,2%. Необходимо отметить количественное и качественное улучшение диагностики аппендицита: в 5,4 раза сократилось число больных, оперированных по поводу катаральных форм воспаления, и в 2 раза – гангренозных. Число операций по поводу деструктивных форм острого аппендицита, осложнённых гнойным перитонитом, снизилось на 26,7%.

Таким образом, при внедрении в практику клиники предложенной последовательности и объёма обследования детей с болевым абдоминальным синдромом, проживающих в условиях крупного промышленного города, позволило снизить число неоправданных лапаротомий на 22,55%, а число осложнённых форм острого аппендицита по сравнению с периодом 2010-2011 гг., снизить на 26,7% ($P<0,05$). Исследование клинических проявлений и комплекса лабораторных данных позволяет достаточно точно дифференцировать синдром раздражённого кишечника и сохранить иммунокомпетентный орган – червеобразный отросток ребёнка.

Выводы:

1. Предложена последовательность и объём обследования для дифференциальной диагностики абдоминального синдрома у детей, включающая в себя: определение и оценку клинической картины заболевания, общеклинические лабораторные исследования, оценка производных лейкоцитарной реакции крови (соотношение сегментоядерных нейтрофилов/лимфоцитам), ультразвуковое исследование брюшной полости в динамике.
2. У больных, с неясной причиной болей в животе, которая не установлена клиническими и по данным лабораторных анализов в течение 1,5-2 часового наблюдения и обследования, показано повторное УЗИ органов брюшной полости.
3. УЗИ является важным дополнительным методом при дифференциальной диагностике абдоминального синдрома и с точностью 91,4% позволяет верифицировать острый аппендицит.
4. Детальная оценка клинических симптомов в сочетании с предложенным комплексом лабораторных тестов и УЗИ позволяет обосновать выбор оптимальной лечебной тактики при болевом абдоминальном синдроме у детей, сократить сроки динамического наблюдения за больным в стационаре, число диагностических ошибок у обследованных детей.
5. Внедрение в клиническую практику предложенной последовательности и объёма обследования, позволило сократить число неоправданных лапаротомий на 22,55%, а число осложнённых форм острого аппендицита на 26,7% у детей.

Список литературы:

1. Детская хирургия: национальное руководство/под ред. Ю.Ф. Исакова, А.Ф. Дронова.- М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 1168 с.
2. Дмитриева Е.В., Буланов М.Н., Шахнина И.А. Особенности нормальной ультразвуковой анатомии червеобразного отростка//Ультразвуковая и функциональная диагностика.- 2011.- №4.- с.12-25.
3. Ультразвуковая диагностика острого флегмонозного аппендицита у детей//Е.В. Дмитриева, М.Н. Буланов, Т.С. Нестеренко и др.//Ультразвуковая и функциональная диагностика.- 2012.- № 3.- С.30-43.
4. Ультразвуковая диагностика острого гангренозного аппендицита у детей /Е.В. Дмитриева, М.Н. Буланов, Т.С. Нестеренко, и др./ Ультразвуковая и функциональная диагностика.- 2012. - № 5. - С.53-67.
5. Федоров И.В., Сигал Е.И., Сливкин Л.Е. Эндоскопическая хирургия. – М.:ГЭОТАР,2009. – 544с.
6. Хавкин А.И., Гуреев А.Н. Функциональные расстройства моторной деятельности верхних отделов желудочно-кишечного тракта у детей.- М.- 2012.- 84 с.

Эритемная форма иксодового клещевого боррелиоза у детей в 30 километровой зоне сибирского химического комбината

Помогаева А.П.

ГБОУ ВПО Сибирский государственный медицинский университет МЗ РФ, г. Томск, Россия

Актуальность. Томская область – крупнейший природный очаг заболеваний, передающихся в результате присасывания клещей. Это клещевой энцефалит, иксодовый клещевой боррелиоз (ИКБ), эрлихиоз и другие инфекции. Заболеваемость ИКБ постоянно превышает в несколько раз таковую по сравнению с показателями России. Данное заболевание при поздней диагностике приобретает хроническое течение, приводящее к инвалидизации пациента, поэтому вопросы клинической диагностики имеют важное значение в профилактике неблагоприятных исходов ИКБ.

Цель работы – установить клинические проявления иксодового клещевого боррелиоза у детей с эритемной формой болезни в 30 км зоне Сибирского химического комбината. Обследованы дети разных возрастных групп. В качестве группы сопоставления служили больные с безэритемной формой ИКБ аналогичного возраста. Диагноз ИКБ подтвержден обнаружением специфических антител, нарастанием их титра в динамике болезни, а у части детей сероконверсией. Применялись эпидемиологический, клинический методы, общепринятые лабораторные методы, серологические методы, по показаниям инструментальные. Полученные данные обработаны с применением параметрических и непараметрических методов вариационной статистики.

У 103 детей основным симптомом заболевания была клещевая мигрирующая эритема. Возраст заболевших колебался от 1 года 3 месяцев до 14 лет, в среднем $7,1 \pm 0,6$ (показатель дисперсии – 9,3). Среди заболевших было 5 (4,9%) детей в возрасте до 3-х лет, 58 (56,3%) – от 3 до 7 лет и 40 (38,8%) – от 7 до 14 лет. Данная форма болезни регистрировалась преимущественно у детей раннего и дошкольного возрастов. Она чаще развивалась у мальчиков, чем у девочек (67 (65,0%) против 36 (35,0%)). Это являлось особенностью ИКБ у детей. Эритема появлялась в месте присасывания клеща через 1-39 дней, в среднем – через $10,6 \pm 1,4$ дней, дисперсия – 49,6 и соответствовала 1-3 дню болезни ($p < 0,05$).

Временной отрезок между появлением эритемы и возникновением у больного жалоб астенического характера составлял в среднем $2,1 \pm 1,1$ дней, а между появлением эритемы и подъемом температуры – в среднем $2,2 \pm 1,2$ дней. Длительность кожной реакции в виде эритемы была $6,5 \pm 0,6$ дней.

У 79 (76,7%) детей эритема служила дебютом заболевания, из них у 13 (16,3%) детей она возникала на следующий день от момента присасывания клеща, у 12 (15,2%) – на 9 день, а у 54 (68,5%) больных покраснение кожи в месте присасывания проявлялось в течение первой недели. У 24 (23,3%) детей появлению эритемы на $2,2 \pm 1,2$ дня предшествовала температурная реакция либо симптомы общей интоксикации. Эритема у них возникала в среднем через $2,1 \pm 1,1$ дней от начала заболевания. Длительность эритемы варьировала от 1 до 16 дней, в среднем – $6,5 \pm 0,6$ дней, дисперсия – 8,1. У 36 (35,0%) детей появление эритемы сопровождалось подъемом температуры. Сочетание этих симптомов как правило, служило основанием для госпитализации ребенка. 47

(24,1%) детей госпитализированы на 6-10 сутки от присасывания клеща, 25 (2,85) – на 1-5 сутки, остальные – в более поздние сроки. При госпитализации детей с эритемной формой ИКБ их состояние расценивалось как среднетяжелое за счет основного заболевания, самочувствие страдало в меньшей степени.

На головную боль жаловались 34 (33,0%) ребенка, недомогание – 46 (44,7%) детей, $p < 0,001$. Эти симптомы встречались при эритемной форме ИКБ реже, чем при безэритемной. На высоте головной боли у 11 (10,7%) пациентов наблюдалась рвота, чаще однократная. У двоих (1,9%) больных рвота была многократной и сохранялась в течение 2 дней. Данный показатель являлся статистически значимой величиной, на которую влияла клиническая форма ИКБ (по критерию Хи-квадрат Пирсона, при $p < 0,05$). Температурная реакция регистрировалась у 85 (85,4%) детей, из них у 31 (30,1%) больного лихорадка была субфебрильной и не превышала $37,6^{\circ}\text{C}$, у 25 (24,3%) детей – в пределах $37,6^{\circ}\text{C}$ - $38,5^{\circ}\text{C}$ и лишь у 29 (28,2%) больных поднималась выше $38,5^{\circ}\text{C}$. Температурная реакция отсутствовала у 18 (17,4%) детей ($p < 0,01$).

В гемограмме больных устанавливались лейкоцитоз нейтрофильного характера со сдвигом формулы влево, высокая СОЭ, а у части больных эозинофилия до 8% клеток. Существенных изменений со стороны биохимических показателей крови, общего анализа мочи, копрограммы не отмечалось.

Итак, основным симптомом данной формы заболевания было появление эритемы на месте присасывания клеща. Размеры ее колебались от 2 до 30 см в диаметре. Средний размер эритемы составлял $8,4 \pm 1,0$ см, дисперсия – 26,1. У 10 (9,7%) больных эритема была 2-3 см в диаметре. У 66 (64,1%) детей размер эритемы составил от 3 до 9 см в диаметре, у 18 (17,5%) детей – 10-15 см, у 5 (4,9%) – 16-20 см. У 4 детей (3,8%) эритема достигала 30 см в диаметре. Максимальный рост эритемы наблюдался в первые сутки с последующим центробежным побледнением и полной инволюцией в течение нескольких дней. Эритема в виде гомогенного инфильтративного пятна определялась у 60 (58,3%) больных, просветление в центре регистрировалось у 89,3% детей. Она сопровождалась отеком и инфильтрацией мягких тканей у 44 (43,6%) детей, зудом и болезненностью, иногда была горячей на ощупь. При локализации эритемы в области лица выраженная отечность вызывала его асимметрию. Это имело место у 5 (4,9%) больных. У двоих детей (1,9%) в центре пятна обнаруживались везикулы. При нарушении покрывки везикул возникали участки мацерации, заживление которых происходило без развития рубца. У одного ребенка отмечалось появление множественных мигрирующих кольцевидных очагов в области рук и ног, которые возникали и исчезали в разное время. У 2 детей (1,9%) устанавливалось появление петехиальной сыпи на скулах и в области лба. У трех больных (2,9%), имевших в месте присасывания клеща эритему с центральным просветлением, был зафиксирован четкий переход эритемы из сплошной в кольцевую.

Диссеминированные (вторичные) эритемы наблюдались у 4 (3,9%) детей, локализовались преимущественно на коже верхних конечностей и туловища, размер их не превышал 10 см в диаметре. Появлялись они через 7-29 дней от момента присасывания клеща, в среднем через $21,0 \pm 5,4$ дней, показатель дисперсии – 93,3. Длительность проявления вторичной эритемы колебалась от 3 до 13 дней в среднем составляла $6,3 \pm 1,5$ дней, показатель дисперсии – 22,3. Вторичные эритемы были только кольцевидными и не привязывались к месту присасывания клеща. Отечности тканей в области диссеминированных эритем не отмечалось. Разрешались они бесследно.

Реактивный лимфаденит (РЛА) регистрировался у 42 (40,8%) детей ($p < 0,05$ по критерию Хи-квадрата Пирсона). Лимфоузлы были плотными либо плотно-эластичными, умеренно болезненными при пальпации, увеличенными до II степени, единичными (не спаянными между собой и с окружающими тканями). Уменьшались лимфоузлы постепенно, в течение 2-3 недель. По частоте встречаемости РЛА наши данные совпадают с результатами исследования Е.Л. Лайковской [1], в то время как С.В. Аббасова [2] регистрировала меньший удельный вес ее (17,8%) среди симптомов ИКБ. На фоне антибиотикотерапии разрешение эритемы опережало полное восстановление нормальных размеров лимфатических узлов. Респираторный синдром в виде ринита, кашля, першения в горле отмечался у 8 (7,8%) детей. Фарингит был обнаружен у 24 (23,3%) детей.

Боли и неприятные ощущения в области сердца беспокоили одного (0,97%) больного и сопровождалась систолическим шумом на верхушке, не связанным с I тоном. Систолический шум выявлялся с момента поступления ребенка в стационар и был расценен как функциональный. Неприятные ощущения в области сердца реже встречались при эритемной форме болезни, чем при безэритемной ($p < 0,05$). У 21 (20,4%) больного регистрировались изменения на ЭКГ: нарушение

проводимости, снижение электрической возбудимости мышц предсердий, нарушение фазы реполяризации желудочков, синдром укороченного интервала. Миалгия, гепатомегалия встречались редко. Очаговой неврологической симптоматики у детей не выявлялось.

Поражение нервной системы отмечалось у 3,9% детей и проявлялась в виде головной боли, менингизма и неврита лицевого нерва (паралич Белла). У больных отмечалась асимметрия лица, развившаяся в результате поражения лицевого нерва. Дети не могли плотно прикрыть веко на стороне поражения (лагофтальм), нахмурить брови, улыбнуться. При попытке удержать воздух в ротовой полости щека на стороне поражения «парусила». Чаще вышеописанные изменения имели место при присасывании клеща в околушную область и развивались на стороне присасывания. У одного (0,97%) больного наблюдалось двухстороннее поражение лицевого нерва: сначала на стороне присасывания клеща, а через 3 дня присоединилось контрлатеральное поражение. У наблюдавшихся нами детей поражение лицевого нерва возникало после присасывания клеща непосредственно в околушную область в отличие от других исследователей. Так, во Владивостоке частота поражения нервной системы составляла 1,2% [3], в Екатеринбурге – 10,9% [4], в Кемерово – до 30,0% [5], Санкт-Петербурге до 10% [6]. По данным зарубежной литературы [7] нейроборрелиоз является частым проявлением ИКБ. Так, в Европе преобладает синдром Банварта, в США доминирует клиническая картина менингоэнцефалита. Эти варианты у наблюдавшихся нами больных не были обнаружены, хотя менингизм имел место у 3 детей (2,9%). По данным А.П. Иерусалимского [8] через 6-12 месяцев от начала болезни все дети, перенесшие ИКБ, были здоровы. Нами при катamnестическом наблюдении выявлено, что у 6,2% реконвалесцентов эритемной формы ИКБ регистрировались признаки диссеминации инфекции в виде вторичных эритем через $21,0 \pm 5,4$ дней. Через 6 месяцев жалобы цереброастенического характера имели только 2 детей (3,1%).

Сопоставление полученных нами результатов по клиническим проявлениям эритемной формы ИКБ у детей г. Томска в сравнении с данными другим авторов в России позволяют сделать вывод об общности клинических симптомов, но разной частоте встречаемости их. Одним из факторов этого служат разные серотипы возбудителей боррелий.

Таким образом, эритемная форма ИКБ характеризовалась благоприятным течением. Основными симптомами ее являлись эритема в месте присасывания клеща, лихорадка, регионарный лимфаденит, наличие которых позволяло установить диагноз ИКБ. Другие симптомы (недомогание, сонливость, диспепсия, воспалительные процессы носо- и ротоглотки) наблюдались непостоянно. Больные с синдромом эритемы поступали в стационар в первые дни заболевания, что способствовало ранней антибактериальной терапии и благоприятному исходу болезни.

Список литературы:

1. Лайковская Е.Э. Микст-инфекция Лайм-боррелиоза и клещевого энцефалита / Е.Э. Лайковская, О.М. Лесняк, Л.И. Волкова и др. // Проблемы клещевых боррелиозов. – М.: Медицина. – 1993. – С.93-98.
2. Аббасова С.В. Клинико-биохимические и иммунологические особенности раннего периода Лайм-боррелиоза / Автореф. дисс... канд. мед. наук. – Москва. – 2002. – 20 с.
3. Попова О.А. Клинико-серологические критерии диагностики клещевого энцефалита и клещевого боррелиоза у детей в Приморском крае / Автореф. дисс... канд. мед. наук. – Владивосток. – 2000. – 24 с.
4. Ковтун О.П. Клинико-патогенетические закономерности, пути оптимизации лечения и прогноза клещевого энцефалита и боррелиоза у детей / Автореф. дисс... д-ра. мед. наук. – Екатеринбург. – 1997. – 75 с.
5. Поражение нервной системы в остром периоде системного клещевого боррелиоза у детей (диагностика и лечение) / А.В. Субботин, Т.В. Попонникова // Метод. рекомендации. – Кемерово. – 1999. – 20 с.
6. Эпидемиология, этиология, клиника, диагностика, лечение и профилактика иксодовых клещевых боррелиозов / Ю.В. Лобзин, Н.В. Скрипченко и др. // Рекомендации для врачей. Санкт-Петербург. – 2000. – 41 с.
7. Стир А.С. Лайм-артрит: поражение суставов при Лайм-боррелиозе в США / А.С. Стир // Терапевт. Архив. – 1995. - № 11. – С. 43-45.
8. Иерусалимский А.П. Клещевой энцефалит / Руководство для врачей. – Новосибирск. – 2001. – 338 с.

Состояние сердечно-сосудистой системы, физическая работоспособность у детей, проживающих в разных экологических зонах*Матковская Т.В., Ямановская Е.А., Чекчеева В.Д., Ким Л.В.**ГБОУ Сибирский государственный медицинский университет, Томск, Россия*

Представлены результаты состояния сердечно-сосудистой системы, физической работоспособности 98 школьников, проживающих в районе радиационно-химического следа после аварии на промышленно-ядерном комплексе (основная группа) и 59 контрольной группы в 1993-1997гг. В 2007-2001гг обследовано 67 детей основной группы и 51 школьника контрольной группы. Школьники, рожденные после аварии или находившиеся в раннем возрасте во время аварии, имели более отягощенный анамнез, определялось преобладание различных жалоб, высокой сочетанной хронической соматической заболеваемости. Снижение физической работоспособности и нарушения состояния сердечно-сосудистой системы определялось во всех возрастах основной группы. Анализ электрокардиографических данных у 35 этих детей выявил изменения ритма, положения сердца, нарушения в проводящей системе сердца электровозбудимости миокарда предсердий и желудочков, нарушения метаболизма миокарда. Ключевые слова: физическая работоспособность, сердечно-сосудистая система, дети, радиационное загрязнение

Актуальность. После аварии на промышленно-ядерном комплексе (ПЯК) в апреле 1993г. загрязнено 120 км² территории с суммарной активностью 500-900 Ки. Выброшено в атмосферу 250м³ радиоактивных и химических веществ (плутония-239, урана, цезия-137, трития, необия-95, циркония-95, фтора, йода, нитритов, нитратов, фосфатов и др.). Наличие трибутилфосфата в воздухе (выброшено 3т) усиливало резорбцию плутония в организме. Население получило низкоинтенсивные дозы внешнего и внутреннего облучения в сочетании с действием выброшенных в атмосферу химических веществ [1,2, 3]. Малые дозы радиации влияют на здоровье детей [7]. Изучение чувствительности к различным агентам показало в некоторых случаях изменение реакции сердечно-сосудистой системы, что объяснялось трофическими изменениями миокарда и изменениями в системе интродуктивных анализаторов [4,5,6]. Влияние длительного воздействия малых доз радиоактивно-химических веществ при физической нагрузке на сердечно-сосудистую систему детей при проживании их на территории радиационно-химического следа по данным степ-теста, ЭКГ не изучены.

Материалы и методы. Дети были разделены на 2 группы: основная – дети, проживающие в радиационно-химическом следе после аварии в апреле 1993г и контрольная группа дети, проживающие вне следа аварии (контрольная группа). Населению было сообщено про аварию только на 3 день, поэтому мер предосторожности не было проведено. В течение первых 3-х дней дети жаловались на резкую слабость, боли в сердце, боли в животе у некоторых была рвота. Был приглашен кардиолог, но при обследовании и на ЭКГ у детей, обследованных на 4-6 день после аварии, особых отклонений со стороны сердечно-сосудистой системы найдено не было.

Исследование физической работоспособности и состояния сердечнососудистой системы проведено у 98 детей основной группы и 59 контрольной группы в 1993-1997гг. Основными показателями физической работоспособности являются показатели PWC170 (кгм/мин), определенные методом степ-теста. ЭКГ проведено в стационаре у 35 детей. В 2006 – 2011 гг. обследовано 67детей основной группы, проживающих в радиационно-химическом следе, 51 ребенок - контрольной группы. Возраст детей колебался в пределах от 8 до 18 лет. Дети основной группы (2006-2011гг) во время аварии находились на 1-ом году жизни или во внутриутробном развитии.

Результаты. Анамнез антенатальный и постнатальный период у детей основной, контрольной и группой сравнения был по некоторым показателям (акушерский и социальный анамнез) сопоставим. Более значимые различия в наследственном анамнезе наблюдались у детей основной группы в возрасте 15-18 лет.

Физическое развитие школьников (линейный дискриминантный анализ значений массы, длины тела, окружности) основной группы был достоверно ниже показателей контрольной группы. В основной группе детей по сравнению с контрольной группой определялось снижение физического развития в 1,6 раза чаще, полового развития – в 10,4, умственного развития – в 4,5 раз, увеличения щитовидной железы – в 11,5, кариеса – 11,8 раза, нарушения осанки, сколиоз – 3,5, хронического фарингита, тонзиллита – в 1,8 раз, поражения нервной системы – в 5,9 раз

чаще, чем у детей контрольной группы. Таких клинических проявлений, как врожденные аномалии развития, кардиопатии, кисты яичников, хронический пиелонефрит, нарушение полового созревания, задержка психического развития, нарушения слуха и зрения, астенический синдром в контрольной группе не наблюдалось. Эти синдромы и хронические заболевания могут быть клиническими маркерами поражения детей малыми дозами, длительно проживающих на территории с радиусом влияния ПЯК на окружающую среду.

Распределение школьников по группам здоровья было следующим: в основной группе 5 детей входили в 4 группу здоровья, а остальные - в 3 группу, в то время как в группах сравнения преобладала 2 «б» и 3-я группа здоровья. Группы здоровья были почти однозначны в различные периоды исследования. Изменения в состоянии здоровья связаны с изменением экологического состояния среды.

Исследование показателя PWC170 (кгм/мин) у школьников в 1993-1997гг представлено в табл. 1.

Таблица 1. Результаты исследования PWC170 (кгм/мин) у школьников в 1993-1997гг

Показатели	Основная группа n = 98	Контрольная группа n=59
7-10лет	n=20, 396,5±34,0 p ₁ >0,05	n=19, 448,3 ±30,6
11-14 лет	n=45, 545,6 ±36,8 p ₁ <0,05, p ₂ <0,05,	n=20, 855,8±114,7 p ₃ <0,05
15-17 лет	n=33, 905,3 ±92,3 p ₁ >0,05, p ₂ <0,05,	n=20, 977,6±90,5 p ₃ <0,05

Примечание: p₁ достоверно значимая величина по отношению к контрольной группе; p₂ достоверно значимая величина по отношению к младшему возрасту в основной группе; p₃ достоверно значимая величина по отношению к младшему возрасту в контрольной группе.

Более выраженные изменения показателей PWC170 (кгм/мин) отмечены у школьников основной группы. Снижение физической работоспособности и состояния сердечно-сосудистой системы определялось во всех возрастных группах.

Средние значения показателей PWC170 (кгм/мин) у школьников в зависимости от пола 1993-1997гг представлены в табл. 2

Таблица 2. Результаты исследования PWC170 (кгм/мин) у школьников в зависимости от возраста и пола 1993-1997гг

Показатели	Основная группа мальчики	Основная группа девочки	Контрольная группа мальчики	Контрольная группа девочки
7-10лет	457,9±59,5 p ₁ >0,05	353,5±45,6 p ₁ >0,05	476,0±56,9	443,8±38,8
11-14 лет	613,3±49,8 p ₁ <0,05, p ₂ <0,05	450,9±39,9 p ₁ >0,05, p ₂ >0,05	1066,7±54,7 p ₃ <0,05	539,4±36,3 p ₃ >0,05
15-17 лет	1158±113,3 p ₁ >0,05, p ₂ <0,05	583,2±32,6 p ₁ <0,05, p ₂ >0,05	1157,5±102,7 p ₃ <0,05	746,4 ±57,3 p ₃ >0,05

Примечание: p₁ достоверно значимая величина по отношению к контрольной группе; p₂ достоверно значимая величина по отношению к младшему возрасту в основной группе; p₃ достоверно значимая величина по отношению к младшему возрасту в контрольной группе.

Более выраженные уменьшения значений PWC170 (кгм/мин) найдены у мальчиков 11-14 лет и у девочек старше 14 лет в основной группе. Исследование показателя PWC170 (кгм/мин) у школьников в зависимости от пола и возраста в 2007-2011гг представлено в табл. 3

Таблица 3. Показатели PWC170 (кгм/мин) у школьников в зависимости от пола и возраста 2006-2011гг

Группы	Основная мальчики	Основная девочки	Сравнения мальчики	Сравнения девочки
7-10 лет P P1	437,1±31,1 <0,05 >0,05	331,7±35,5 >0,05	471,8±23,6 >0,05	458,8±27,1
11-14 лет P P1	513,9±27,2 <0,05 <0,05	401,1±31,7 <0,05	881,7±41,5 <0,05	690,1±28,0
15-17 лет P P1	1097,8±44,1 <0,05 <0,05	551,5±22,1 <0,05	1201,4±19,6 <0,05	940,3±22,2

Условные обозначения достоверно значимых величин по отношению:

P- к группе сравнения;

P1 – внутригрупповое сравнение показателей мальчиков и девочек.

Наиболее выраженные изменения показателей физической работоспособности наблюдались у детей 11-14 лет и у девочек 15-17 лет основной группы.

Тенденции изменений показателей PWC170 (кгм/мин) у школьников в зависимости от пола и возраста 2006-2011гг были одинаковые с таковыми в 1993-1997гг.

Показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы пульс, дыхание, ударный и минутный объемы у 50% детей основной группы были изменены, в контрольной группе - 13,6% детей. Не могли выполнить степ-тест 32 ребенка (1993г) основной группы.

В основной группе детей, как в первые годы, так и в последующие годы, часто наблюдался дистонический тип, гипертонический и астенический тип реакции, реже нормотонический тип реакции сердечно-сосудистой системы. Нормотонический тип реакции сердечно-сосудистой системы наиболее часто встречался контрольной группы, реже дистонический тип, гипертонический и астенический тип. Восстановительные реакции сердечно-сосудистой системы у половины детей основной группы протекали как неадекватные или патологические реакции.

Анализ ЭКГ у детей радиационно-химического следа выявил дыхательную аритмию у 18 (51,4%) из 35 детей, синусовую тахикардию – у 3 (8,6%), синусовую брадикардию – у 2 (5,7%). Положение электрической оси сердца определялось вертикальное у 21 (60%) из 35 детей, нормальное – у 12 (34,3%), отклонено влево – у 1 (2,85%), отклонено вправо – у 1 (2,85%). Наиболее выраженными изменениями отмечались нарушения в проводящей системе сердца. Снижение электровозбудимости миокарда предсердий определялось у 12 (34,3%) из 35 детей, снижение электровозбудимости миокарда желудочков – у 6 (17,1%), повышение электровозбудимости миокарда желудочков – у 4 (11,4%), замедление внутривентрикулярная проводимость – у 1 (2,85%), нарушение проведения возбуждения по правым отделам сердца, замедление атриовентрикулярной проводимости – у 1 (2,85%). Кроме того, выявлены процессы реполяризации в миокарде левого желудочка у 1 (2,85%) ребенка. Признаки нарушения метаболизма в миокарде наблюдались у 8 (22,8%) из 35 детей.

Таким образом, школьники основной группы имеют более отягощенный анамнез, более выраженные изменения показателей PWC170 (кгм/мин). Снижение физической работоспособности и состояния сердечно-сосудистой системы определялось во всех возрастах основной группы. Изменен был тип ответной и восстановительной реакции сердечно-сосудистой системы на нагрузку. Анализ электрокардиографических данных у этих детей выявил изменения ритма, положения сердца, нарушения в проводящей системе сердца, электровозбудимости миокарда предсердий и желудочков, нарушения метаболизма миокарда.

Список литературы:

1. Радиационная экогенетика Томской области / Н.Н. Ильинских, В.В. Новицкий, А.М. Адам и др./ Изд-во Госкомитета экологии и природных ресурсов Томской области, 1995.-80с.
2. Л.П. Рихванов Общие и региональные проблемы радиоэкологии / Л.П. Рихванов. - Томск: Изд-во ТПУ, 1997. - 384 с.

3. Сравнительная опасность энергетического и стандартного плутония-239 по не стохастическим эффектам /З.И. Калмыкова, Э.Р. Лобачевский, В.А. Чудин и др.//Радиац. Биология. Радиозология.-1996.-Т.36,Вып.1-С. 94-103.
4. Работа сердца / С. Б. Данияров, А. Г. Зарифьян/ - Фрунзе : Кыргызстан, 1963.-205с.
5. Куршаков Н. А., Лучевая болезнь, Многотомное руководство по внутренним болезням, т. 10, М.,1963.
6. Довлатян, С.В. Мелик-Исраелян, Ш. С. Изменение чувствительности сердца облученных животных к физической нагрузке и к кислородному голоданию. // Биологический журнал Армении, - 1969 - 22 (10). С. 63-67.
7. Яковлева И.Н., Балева Л.С. Особенности иммунитета у лиц, подвергшихся воздействию малых доз ионизирующей радиации в детском возрасте.//Вопросы гематологии, онкологии и иммунопатологии в педиатрии.-2006-т5,№1.-С.22-31.

Применение кардиотренажеров в физической реабилитации больных ишемической болезнью сердца (ИБС)

Гуляева Т.В.

НИИ кардиологии ТНЦ СО РАМН, г. Томск, Россия

E-mail: milich@pisem.net

На протяжении последних десятилетий в структуре заболеваемости и смертности во всем мире первое место прочно занимает поражение сердечно-сосудистой системы, и в первую очередь инфаркт миокарда. Сердечно-сосудистые заболевания, обусловленные атеросклерозом, являются основной причиной смерти населения России, согласно данным центра профилактической медицины, в возрасте 20-64 лет 34% мужчин и 39% женщин умирают от болезней сердца и сосудов. В структуре смертности от сердечно-сосудистых заболеваний на долю ишемической болезни сердца приходится у мужчин 60%, у женщин – 41%. Прогноз после острого инфаркта миокарда остается неопределенным по меньшей мере в течение года после выписки из стационара. Эта неопределенность связана с тем, что около трети больных умирают в течении года после острого инфаркта миокарда (Белоусов Д.Ю., Медиков О.И., 2003).

Основные этапы борьбы за жизнь и трудоспособность больных инфарктом миокарда, догоспитальная специализированная врачебная помощь и система реабилитации (Чазов Е.И., 2002). В соответствии с рекомендациями ВОЗ (Всемирной Организации Здравоохранения) процесс реабилитации подразделяется на три фазы: больничную, выздоровления и поддерживающую. Эффективность всей системы реабилитации больного, перенесшего инфаркт миокарда, определяется тем, насколько будут решаться задачи каждой из фаз реабилитации. И в каждой фазе существенное место отводится физической реабилитации – системе мероприятий по восстановлению или компенсации физических возможностей и интеллектуальных способностей, повышению функционального состояния организма, улучшения физических качеств, психоэмоциональной устойчивости и адаптационных резервов организма человека средствами и методами физической культуры, массажа, физиотерапии и природных факторов. Способность выполнять физическую нагрузку не только расширяет двигательные возможности человека, но и в значительной степени определяет качество жизни людей.

К основным лечебным средствам физической реабилитации относится лечебная физическая культура (ЛФК) – изучающая средства физической культуры, используемые с лечебной целью. Принято рассматривать влияние средств ЛФК в следующих направлениях: стимулирующие (тонизирующие); трофические; компенсаторное и нормализующее действие. Методики ЛФК определяются прежде всего целями и задачами лечения. Функциональные задачи определяют содержание двигательного режима. Особый интерес на госпитальном этапе реабилитации представляет свободный режим двигательной активности, когда больным ишемической болезнью сердца с ведущим синдромом снижения толерантности к физическим нагрузкам, для повышения эффективности их восстановления, назначают циклические аэробные нагрузки в зависимости от функционального класса – с применением велотренажера, беговой дорожки и степ-тренажера.

Основным требованием к применяемому комплексу на тренажерах является комфортность занятий для больного и контроль за состоянием сердечно-сосудистой системы. В клинике используются ножные велотренажеры по специальной схеме в зависимости от толерантности к физической нагрузке (ТФН). При толерантности к физической нагрузке равной

50вт. используется режим малых нагрузок, который представляет собой последовательное выставление уровней нагрузки на тренажере в количестве 20вт.-35вт.-20вт. с величиной экспозиции каждого уровня 2-3мин.. При толерантности к физической нагрузке равной 75вт. используется режим средних нагрузок, который представляет собой последовательное выставление уровней нагрузки на тренажере в количестве 30вт.-50вт.-30вт. с величиной экспозиции каждого уровня 2-3мин.. При толерантности к физической нагрузке равной 100вт. используется следующий режим, который представляет собой последовательное выставление уровней нагрузки на тренажере в количестве 50вт.-75вт.-50вт. с величиной экспозиции каждого уровня 2-3мин.. Продолжительность всего цикла нагрузок составляет от 7 до 12 мин.. При использовании беговой дорожки режим подбирается индивидуально в зависимости от частоты сердечных сокращений пациента в ответ на нагрузку, скорость и время тренировки варьирует в пределах 3,0-5,0 км/час и 10-15мин.. При использовании в реабилитации step-эргометра с датчиком частоты сердечных сокращений используется индивидуальный подбор параметров в зависимости от величины частоты сердечных сокращений в ответ на выставляемую нагрузку, обычно применяется тренировочный режим в интервале от 15-21 шаг/мин. продолжительностью 1-3мин..

При выписке из стационара больным ишемической болезнью сердца, по показаниям рекомендуется продолжать индивидуально дозированные аэробные нагрузки на кардиотренажерах во всех последующих этапах физической реабилитации.

Список литературы:

1. «Реабилитация кардиологических больных» под ред. К.В. Лядова, В.Н. Преображенского М. 2005.
2. «Физическая реабилитация» под ред. С.Н. Попова Ростов на Дону 1999г.

СОДЕРЖАНИЕ

Development of the first ninh thuan nuclear power plant projects at Vietnam electricity (EVN) <i>Do Thi Dung</i>	5
Получение материалов для ядерной техники в режиме СВС с предварительной механической активацией шихты <i>Касаткин Д. Д., Кузнецов М.С., Чурсин С.С.</i>	7
Модернизация системы видеонаблюдения на ядерном объекте для повышения эффективности системы физической защиты <i>Смирнов А.С., Понер М.В., Степанов Б. П.</i>	10
Вопросы нераспространения ядерных материалов при реализации проекта Брест-ОД-300 <i>Степанов Б. П., Шевелева А.А.</i>	12
Организация работ по выводу из эксплуатации ПУГР ФГУП «ГХК» по варианту радиационно-безопасного захоронения на месте <i>Гаврилов П.М.; Антоненко М.В.; Музыкантов А.А.</i>	15
Оценка возможных погрешностей при определении эффективной температуры топлива <i>Кан А.Ю., Кузьмин А.В.</i>	18
Корректировка групповых ядерно-физических констант ^{238}U по возрасту нейтронов деления до индиевого резонанса <i>Кузьмин А.В., Южаков А.В.</i>	22
Контейнер для безопасной транспортировки ядерной установки летательного аппарата <i>Крушенко Г.Г., Голованова В.В.</i>	27
Безопасное обращение с радиоактивными отходами на АЭС <i>Ластовец Ю.В., Степанов Б.П., Шепотенко Н.А.</i>	30
Проблемы ядерной энергетики <i>Нгуен Ван Ву</i>	33
Основные проблемы, возникающие при определении остаточных напряжений в сварных соединениях элементов конструкций и объектов ядерных энергетических установок (ЯЭУ) <i>Трофимов А.И., Трофимов М.А., Минин С.И., Талабанов М.Г.</i>	34
Расчет возраста нейтронов деления до индиевого резонанса в натрии методом групп <i>Кабанова М.А., Кузьмин А.В.</i>	38
Диффузия C^{14} из графитовой кладки выводимого из эксплуатации ПУГР АД <i>Чубреев Д.О.</i>	41
Измерение константы спада мгновенных нейтронов в импульсном ядерном реакторе <i>Котков С.П., Кузнецов М.С., Чурсин С.С.</i>	44
Об оптимальном факторе пожара для построения устройств обнаружения пожароопасной ситуации <i>Дашковский А.Г., Панин В.Ф., Шмойлов А.В.</i>	47
Геофизические методы при оценке радиоактивного загрязнения территорий <i>До Тхи Зунг</i>	51
Новый подход к оценке рисков здоровью населения от воздействия опасных и вредных факторов среды обитания <i>Алиферова Т.Е., Бородин Ю.В.</i>	54
Безопасность производства и эксплуатации пеностеклокристаллического строительного материала с наносоставляющими <i>¹Алтарева Л.М., ²Семухин Б.С., ³Казьмина О.В.</i>	57
Производственная среда и условия труда. Опасные и вредные производственные факторы и их классификация <i>Видус А.В., Орлова К.Н.</i>	62
Влияние сверхвысококачественного излучения в быту на человека <i>Гайдамак М.А., Орлова К.Н.</i>	64
Обеспечение безопасности при работе с опасными вирусными инфекциями <i>Долговых К.С., Чулков Н.А.</i>	65

Разработка новых методик определения ионов тяжелых металлов в сточных водах с помощью фармакологически-активных веществ <i>Елина В.В., Садомецва О.С., Шакирова В.В., Хабарова О.В., Жуковина Н.В., Кожина А.Д., Цаплин Д.Е.</i>	67
Анализ современных видов вентиляции и требований к ним <i>Звонарева А.С., Орлова К.Н.</i>	70
Проблемы экологической обстановки в Самарской области <i>Карташева Е.В., Забержинский Б.Э.</i>	72
Совершенствование работы насосно-фильтровальных станций Карайского водозабора г. Междуреченска <i>Квасцова Н.В., Назаренко О.Б.</i>	74
Синтез адсорбента на основе вторичного стеклобоя <i>Кобякова А.А.</i>	77
Экологическая оценка состояния атмосферного воздуха на примере г. Воронежа <i>Костылева Л.Н., Булгакова Л.М.</i>	81
Выбор фильтрующей загрузки насосно-фильтровальной станции городских очистных сооружений г. Междуреченска <i>Кузнецова С. А., Назаренко О.Б.</i>	83
Изготовление средств индивидуальной защиты от вредных воздействий в ЧС <i>Куташов Д.А., Петров Н.Н., Сумленинов В.К., Шестель Л.А.</i>	86
Очистка воды от мышьяка с использованием разработанного походного фильтра <i>Кутугин В.А., Мартемьянов Д.В., Плотников Е.В., Мартемьянова И.В., Воронова О.А.</i>	88
Радиоактивные элементы в организме человека <i>Ле Ван Туан</i>	90
Характер и масштабы воздействия объектов энергетики зоны атмосферного влияния на байкальскую природную территорию <i>Майсюк Е.П.</i>	94
Устройство измерения аэроионного состава воздуха <i>Маковеев В.М., Постнов В.В.</i>	99
Очистка воды от бензола с применением импульсного коронного разряда <i>Маринин С.А., Корнев Я.И.</i>	101
Исследование сорбционных свойств микробиологического адсорбента при извлечении из водных сред ионов тяжёлых металлов <i>Мартемьянова И. В.</i>	104
Бытовая установка для очистки водопроводной воды <i>Мухортов В.В., Немцова О.А., Мартемьянов Д.В., Мухортова Ю.Р., Дозморов П.С.</i>	107
Тепловой обмен человека с окружающей средой <i>Мякишева К. В.</i>	109
Влияние высокодисперсных порошков борной кислоты на параметры термоокислительной деструкции эпоксидных полимеров <i>Амелькович Ю.А., Мельникова Т.В., Назаренко О.Б., Путенпуракалчира М.В.</i>	111
Исследование свойств модифицированного шивыртуйского цеолита <i>Фахртдинова О.А., Назаренко О.Б., Мартемьянов Д.В., Путенпуракалчира М.В.</i>	114
Исследование термической деструкции эпоксидных полимеров, наполненных высокодисперсными порошками борной кислоты <i>Амелькович Ю.А., Мельникова Т.В., Назаренко О.Б., Путенпуракалчира М.В.</i>	116
Получение образцов материалов методом электроискрового диспергирования и исследование их свойств <i>Немцова О.А., Лемачко А.Н., Мартемьянов Д.В., Мухортова Ю.Р. Журавков С.П.</i>	118
Состав и свойства электровзрывных нанопорошков меди после длительного хранения <i>Амелькович Ю.А., Назаренко О.Б., Сечин А.И., Фрянова К.О.</i>	121
Разработка солнечного трекера и акрилового концентратора <i>Петрусёв А.С.</i>	123
Извлечение ионов тяжёлых металлов из водных растворов каталитическим материалом <i>Плотников Е.В., Мартемьянова И.В., Мартемьянов Д.В., Вахрушев Е.В., Воронова О.А.</i>	125

Расследование и учет несчастных случаев <i>Полевикова М.Г., Орлова К.Н.</i>	127
Среднеактивные отходы. Отверждение. Карбонизация <i>Приходов Д.А.</i>	129
Оценка эффективности оперативного регулирования экологической нагрузки ТЭЦ в период наступления особо неблагоприятных метеорологических условий <i>Ростунцова И.А.</i>	131
Исследование свойств сорбента КФГМ-7 <i>Слепнёв А.М., Немцова О.А., Мартемьянов Д.В., Мухортов Д.Н., Слядников П.Е.</i>	133
Очистка сточных вод гальванического производства от тяжелых металлов на примере ОАО «МАНТОМЬ» <i>Баталова А.Ю., Назаренко О.Б.</i>	136
Проблемы утилизации зольных отходов энергетических станций в России и за рубежом <i>Карпович М.К., Коротких А.Г.</i>	138
Особенности использования вентиляции в производстве <i>Таханов Д.В., Орлова К.Н.</i>	141
Аксиомы о потенциальной опасности техносферы <i>Гуякпаева Е.А., Орлова К.Н.</i>	144
Разработка когенерационной установки на базе газогенератора и оцр-электрогенератора, работающей на биотопливе влажностью до 40% <i>Жуков А.В., Федорев С.А., Щеклеин С.Е.</i>	147
Особенности процесса сжигания биогаза <i>Суслов Д.Ю., Куцев Л.А., Рамазанов Р.С.</i>	150
Возможность применения безопасного процесса сжигания твердых бытовых отходов <i>Мухаметшина Э.И., Вачагина Е.К.</i>	152
Зеленая экономика, как фактор защиты окружающей среды <i>Тоторкулова М.А.</i>	156
О выборе системы вентиляции жилых помещений <i>Финенкова М.В., Шефер Ю.Е., Гусельников М.Э.</i>	158
Оценка ресурсов возобновляемых источников энергии в зоне локальной энергетики республики САХА (Якутия) <i>Чирикова Ю.Е.</i>	161
Эффективность и безопасность механических средств непрерывной транспортировки дисперсных материалов <i>Василевский М.В., Разва А.С., Романдин В.И., Зыков Е.Г.</i>	162
Влияние на производственные риски временного фактора возникновения пламенного горения твердофазных материалов <i>Фрянова К.О., Сечин А.И.</i>	167
Обеспечение устойчивой работы аппаратов кипящего слоя, перерабатывающих пожаровзрывоопасные продукты <i>Сечин А.И., Задорожная Т.А.</i>	170
Способ совместного фотометрического определения хрома (VI) и железа (III) в природных и сточных водах <i>Ларионова Е.В., Булыгина К.А.</i>	172
Исследование влияния частоты механоактивации компонентов шихты на процесс получения пористых материалов самораспространяющимся высокотемпературным синтезом <i>Малик А.А., Закусилов В.В., Рыжков А.А.</i>	176
Локальная система оповещения как основное средство оповещения промышленного объекта <i>Романцов И.И.</i>	180
Особенности охраны труда на предприятиях нефтяной и газовой отрасли <i>Романцов И.И.</i>	181
Информирование населения о возникновении чрезвычайной ситуации в местах массового скопления людей <i>Романцов И.И.</i>	183

Использование современных технологий в системе оповещения для повышения безопасности в студенческой среде при возникновении угрозы жизни <i>Романцов И.И.</i>	186
Очистка подземных вод с помощью фильтровального комплекса <i>Винокуров А.Р., Немцова О.А., Мартемьянов Д.В., Мухортов Д.Н., Дозморов П.С.</i>	188
Расследование несчастных случаев на производстве при организации работ вахтовым методом <i>Сорокин К.В., Несынова Е.М., Гусельников М.Э., Гуляев М.В.</i>	192
Внедрение автоматизированной системы управления охраной труда, промышленной и пожарной безопасностью в ОАО «Томскгазпром» <i>Несынов А.Н., Гусельников М.Э., Гуляев М.В.</i>	194
Разработка и внедрение системы менеджмента безопасности труда OHSAS 18001:2007 в Открытом Акционерном Обществе «Томскгазпром» <i>Несынов А.Н., Сивицкий П.И., Гусельников М.Э., Гуляев М.В.</i>	196
Технология биологической очистки хозяйственно бытовых стоков в ЛОС объектов индивидуальной жилой застройки <i>Башарова А.Ю., Вторушина А.Н.</i>	197
Дополнительные возможности оптимизации диагностики внебольничной пневмонии, протекающей на фоне ХОБЛ <i>Агеева Т.С., Мишустина Е.Л., Дубоделова А.В., Кривоногов Н.Г., Мишустин С.П.</i>	200
Роль гиперлептинемии в патогенезе системного воспаления при метаболическом синдроме <i>Беспалова И.Д., Рязанцева Н.В., Калюжин В.В., Медянцев Ю.А., Мурашев Б.Ю., Осихов И.А.</i>	202
Антиоксидантный эффект аторвастатина при метаболическом синдроме <i>Беспалова И.Д., Рязанцева Н.В., Калюжин В.В., Медянцев Ю.А., Мурашев Б.Ю., Осихов И.А.</i>	206
Гендерные особенности распространенности артериальной гипертензии в неорганизованной популяции г. Томска <i>Ефимова Е.В., Конобеевская И.Н.</i>	211
Инородные тела пищеварительного тракта у детей <i>Мельник Д.Д., Юшманова А.Б., Шалыгин В.А.</i>	216
Гиперлептинемия в патогенезе воспаления жировой ткани при метаболическом синдроме <i>Осихов И.А., Беспалова И.Д., Рязанцева Н.В., Новицкий В.В., Мурашев Б.Ю.</i>	219
Состояние желчевыводящих путей и некоторые показатели местного иммунитета у детей с описторхозной инвазией, больных вирусным гепатитом А <i>Помогаева А.П.</i>	222
Состояние пищеварительной системы у детей, проживающих в разных экологических зонах <i>Матковская Т.В., Чекчеева В.Д., Герасимова Е.А.</i>	225
Здоровье, частота встречаемости заболеваний детей и элементный состав волос жителей, проживающих в разных экологических зонах (предварительные данные) <i>Матковская Т.В., Барановская Н.В., Ямановская Е.А., Самарина С.В.</i>	227
Результаты клинического обследования лиц, подвергшихся воздействию малых доз ионизирующего излучения <i>Тетнев Ф.Ф., Поровский Я.В., Бодрова Т.Н., Дубаков А.В., Месько П.Е.</i>	230
Некоторые аспекты диагностики и лечения детей с синдромом дефицита внимания и гиперактивности <i>Самарина С.В., Помогаева А.П., Матковская Т.В.</i>	234
Морфофункциональная характеристика клеток назального секрета детей с патологией аденонозиллярной системы <i>Фурманова Е.А., Пономарева Д.А., Нагаева Т.А., Басарева Н.И., Ильиных А.А.</i>	238
Болевой абломинальный синдром у детей, проживающих в условиях промышленного города <i>Шалыгин В.А., Мельник Д.Д., Полковникова С.А., Завадовская В.Д., Горленко Л.В.</i>	240

Эритемная форма иксодового клещевого боррелиоза у детей в 30 километровой зоне сибирского химического комбината <i>Помогаева А.П.</i>	244
Состояние сердечно-сосудистой системы, физическая работоспособность у детей, проживающих в разных экологических зонах <i>Матковская Т.В., Ямановская Е.А., Чекчеева В.Д., Ким Л.В.</i>	247
Применение кардиотренажеров в физической реабилитации больных ишемической болезнью сердца (ИБС) <i>Гуляева Т.В.</i>	250

Научное издание

ЭНЕРГЕТИКА: ЭФФЕКТИВНОСТЬ, НАДЕЖНОСТЬ, БЕЗОПАСНОСТЬ

Материалы докладов XX Всероссийской
научно-технической конференции

Верстка материалов докладов проведена на основе представленных
авторами электронных версий без редактирования их текста!

**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 03.12.2010. Формат 60x84/8. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. 18,66. Уч.-изд. л. 16,88.
Заказ 1911-10. Тираж 200 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  **ТПУ**. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru